

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN
KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH
SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN
PARTIKEL**

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil**



Disusun Oleh:

Nama : Fadyla Kamel
No. Mahasiswa : 22526006
Nama : Tania Sasikirana
No. Mahasiswa : 22526014

**PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT
LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS
POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL
PENELITIAN**

Fadyla Kamel
22526006
Tania Sasikirana
22526014



**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN
KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL**

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil**



Disusun Oleh:

Nama : Fadyla Kamel
No. Mahasiswa : 22526006
Nama : Tania Sasikirana
No. Mahasiswa : 22526014

**PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN
PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERTA RAMI-
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS
POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL
PAPAN PARTIKEL**

PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadyla Kamel
No. Mahasiswa : 22526006
Nama : Tania Sasikirana
No. Mahasiswa : 22526014

Menyatakan bahwa seluruh hasil Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 4 Maret 2026

Mahasiswa 1,



Fadyla Kamel

Mahasiswa 2,



Tania Sasikirana

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN
KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL**

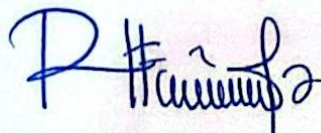
PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama : Fadya Kamel
No. Mahasiswa : 22526006
Nama : Tania Sasikirana
No. Mahasiswa : 22526014

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Menyetujui:
Pembimbing Tugas Akhir



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

Mengetahui:
Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN
KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL**

PENELITIAN


Disusun Oleh:

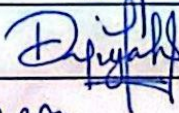
Nama : Fadyla Kamel
No. Mahasiswa : 22526006

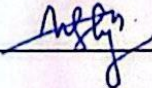
Telah dipertahankan di hadapan penguji pada ujian pendadaran sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil, Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Tim Penguji,
Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.
Ketua Penguji
Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.
Anggota Penguji 1
Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.
Anggota Penguji 2

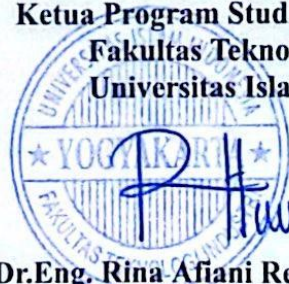






Mengetahui:

**Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN
KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL**

PENELITIAN


Disusun Oleh:


Nama : Tania Sasikirana
No. Mahasiswa : 22526014


Telah dipertahankan di hadapan penguji pada ujian pendadaran sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil, Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Tim Penguji,
Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.
Ketua Penguji
Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.
Anggota Penguji 1
Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.
Anggota Penguji 2







Mengetahui:

Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur dan terima kasih kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya, Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya dan seluruh sahabatnya, yang memberikan kekuatan dan keyakinan sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL”**.

Laporan Tugas Akhir Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat bagi setiap mahasiswa Program Studi Rekayasa Tekstil di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam penulisan laporan Tugas Akhir Penelitian ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada setiap pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan dan pelaksanaan Tugas Akhir ini sampai selesai. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng selaku Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil Universitas Islam Indonesia, sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir Penelitian, yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama proses pengerjaan Tugas Akhir Penelitian;
2. Seluruh Staff Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membantu proses pengujian;
3. Seluruh Staff Laboratorium Dasar Pengolahan Hasil Hutan Universitas Gadjah Mada yang telah membantu dalam proses persiapan spesimen uji;

4. Orang Tua yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang yang tiada henti sehingga Tugas Akhir Penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Teman-teman serta Sahabat yang telah memberikan dukungan, bantuan serta semangat selama proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini..
6. Secara khusus untuk diri sendiri (Fadyla & Tania), terima kasih atas ketekunan, kerja keras dan semangat untuk terus bertahan hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh pihak yang telah membantu, secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat di harapkan demi perbaikan bagi penulis. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.
Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 22 Februari 2026

Hormat kami

Penyusun

INTISARI

Permasalahan sampah dan limbah di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan aktivitas industri. Limbah plastik, khususnya polipropilena (PP), sulit terdegradasi dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Di sisi lain, limbah lignoselulosa seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan limbah serat rami juga belum dimanfaatkan secara maksimal dan penggunaannya masih terbatas. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi material alternatif yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mampu meningkatkan nilai guna limbah melalui pengolahan menjadi produk fungsional, seperti papan komposit. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio dan densitas komposit terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit berbasis limbah serat rami-TKKS sebagai penguat dan limbah plastik (*thinwall*) dari polipropilena sebagai matriks. Variasi rasio limbah serat rami-TKKS dengan polipropilena terdiri dari 55:45, 50:50, dan 45:55 serta target densitas 0,4 gr/cm³ dan 0,5 gr/cm³. Pengujian meliputi sifat fisik berupa kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal, serta sifat mekanik melalui uji *bending* untuk memperoleh nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) serta *Modulus of Rupture* (MOR) dengan standar JIS A 5908 : 2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan komposit dengan target densitas 0,5 gr/cm³ memiliki struktur lebih padat dan performa mekanik lebih baik dibandingkan densitas 0,4 gr/cm³ pada seluruh variasi rasio. Nilai kadar air dan pengembangan tebal cenderung lebih tinggi pada rasio dengan kandungan serat lebih besar (55:45), yang dipengaruhi oleh sifat higroskopis serat alam. Pada uji *bending*, nilai MOE dan MOR meningkat pada densitas 0,5 gr/cm³, dengan rasio 50:50 menunjukkan keseimbangan sifat mekanik yang relatif lebih baik dibanding variasi lainnya.

Kata kunci: papan komposit, limbah serat rami, TKKS, polipropilena, limbah plastik *thinwall*, sifat fisik, sifat mekanik.

ABSTRACT

The issue of waste generation in Indonesia continues to increase along with population growth and industrial activities. Plastic waste, particularly polypropylene (PP), is difficult to degrade and has the potential to cause environmental pollution if not properly managed. On the other hand, lignocellulosic wastes such as oil palm empty fruit bunches (OPEFB) and ramie fiber waste have not been optimally utilized and are still limited in application. These conditions encourage the development of alternative environmentally friendly materials that can enhance the added value of waste through its conversion into functional products, such as composite boards. This study aims to analyze the effect of variations in composite ratio and density on the physical and mechanical properties of composite boards reinforced with ramie fiber waste and OPEFB, using polypropylene (PP) thinwall plastic waste as the matrix. The fiber-polypropylene ratios investigated were 55:45, 50:50, and 45:55, with target densities of 0.4 gr/cm^3 and 0.5 gr/cm^3 . The evaluation included physical properties such as density, moisture content, and thickness swelling, as well as mechanical properties through bending tests to determine the Modulus of Elasticity (MOE) and Modulus of Rupture (MOR), based on JIS A 5908:2003. The results show that composite boards with a target density of 0.5 gr/cm^3 exhibited a denser structure and better mechanical performance compared to those with a density of 0.4 gr/cm^3 across all ratio variations. Moisture content and thickness swelling tended to be higher in composites with higher fiber content (55:45), influenced by the hygroscopic nature of natural fibers. In bending tests, MOE and MOR values increased at a density of 0.5 gr/cm^3 , with the 50:50 ratio demonstrating a relatively better balance of mechanical properties compared to other variations.

Keywords: *composite board, ramie fiber waste, oil palm empty fruit bunch (OPEFB), polypropylene, thinwall plastic waste, physical properties, mechanical properties*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	4
INTISARI.....	6
ABSTRACT	7
DAFTAR ISI.....	8
DAFTAR TABEL.....	10
DAFTAR GAMBAR.....	11
BAB I. PENDAHULUAN	13
1.1. Latar Belakang	13
1.2. Rumusan Masalah.....	15
1.3. Batasan Masalah.....	15
1.4. Tujuan Penelitian	16
1.5. Manfaat Penelitian	16
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	18
2.1. Penelitian yang Relevan.....	18
2.2. Landasan Teori.....	19
2.2.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	19
2.2.2. Rami dan Limbah Rami.....	22
2.2.3. Polipropilena.....	25
2.2.4. Komposit.....	27
2.2.5. Perlakuan Kimia Serat (Alkalisasi).....	28
2.2.6. JIS A 5908-2003.....	29
2.2.7. Pengujian	31
2.3. Hipotesis Penelitian	35
BAB III. METODOLOGI	36
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	36
3.2. Bahan	37
3.3. Peralatan.....	40
3.4. Prosedur dan Pengumpulan Data.....	49
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59

4.1.	Hasil Penelitian	59
4.1.1.	Uji Kerapatan/Densitas.....	59
4.1.2.	Hasil Uji Statistik terhadap Kerapatan/Densitas	60
4.1.3.	Uji Pengembangan Tebal	61
4.1.4.	Hasil Uji Statistik terhadap Pengembangan Tebal.....	62
4.1.5.	Uji Kadar Air	63
4.1.6.	Hasil Uji Statistik terhadap Kadar Air.....	65
4.1.7.	Uji <i>Bending</i>	66
4.1.8.	Hasil Uji Statistik terhadap <i>Modulus of Elasticity</i> /MOE	67
4.1.9.	Hasil Uji Statistik terhadap <i>Modulus of Rupture</i> /MOR	69
4.2	Pembahasan.....	70
4.2.1.	Uji Kerapatan	70
4.2.2.	Uji Pengembangan Tebal	71
4.2.3.	Uji Kadar Air	72
4.2.4.	Uji <i>Bending</i>	72
4.2.5.	Faktor-faktor Penyebab Penyimpangan Nilai Pada Hasil Uji Sifat Fisik dan <i>Bending</i>	73
BAB V.	PENUTUP	76
5.1.	Kesimpulan	76
5.2.	Saran.....	77
DAFTAR	PUSTAKA	79
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan pohon sawit.....	19
Tabel 2. 2 Kandungan serat rami.....	24
Tabel 2. 3 Kandungan limbah serat rami.....	24
Tabel 2. 4 Parameter Standar JIS A 5908-2003	30
Tabel 2. 5 Parameter sifat fisik dan mekanik <i>bending</i> komposit	31
Tabel 3. 1 Kebutuhan bahan.....	53
Tabel 3. 2 Kode sampel.....	54
Tabel 4. 1 Tabel Data Densitas.....	59
Tabel 4. 2 Data uji pengembangan tebal	61
Tabel 4. 3 Data uji kadar air	63
Tabel 4. 4 Data uji MOE	66
Tabel 4. 5 Data uji MOR.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pohoh Kelapa Sawit	20
Gambar 2. 2 Tandan kosong kelapa sawit (TKKS).....	21
Gambar 2. 3 Pohon rami.....	23
Gambar 2. 4 Struktur kimia PP	25
Gambar 3. 1 <i>Thinwall</i>	37
Gambar 3. 2 Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) utuh.....	38
Gambar 3. 3 TKKS yang sudah dibersihkan	38
Gambar 3. 4 Limbah serat rami.....	39
Gambar 3. 5 NaOH (soda api).....	39
Gambar 3. 6 Mesin <i>hot press</i>	40
Gambar 3. 7 Mesin <i>grinder</i>	40
Gambar 3. 8 Cetakan besi.....	41
Gambar 3. 9 Plat besi.....	41
Gambar 3. 10 Cetakan kayu	42
Gambar 3. 11 Aluminium foil	42
Gambar 3. 12 Sarung tangan	43
Gambar 3. 13 Timbangan analitik.....	43
Gambar 3. 14 Timbangan digital.....	44
Gambar 3. 15 Oven.....	44
Gambar 3. 16 Gelas beker	45
Gambar 3. 17 <i>Magnetic stirer</i>	45
Gambar 3. 18 <i>Magnetic bar</i>	46
Gambar 3. 19 Penggaris	46
Gambar 3. 20 Gunting	47
Gambar 3. 21 Jangka sorong	47
Gambar 3. 22 Nampan aluminium	48
Gambar 3. 23 <i>Flowchart</i> prosedur dan pengumpulan data	49
Gambar 3. 24 TKKS yang sudah dicuci.....	50

Gambar 3. 25 <i>Thinwall</i> yang sudah dicacah.....	51
Gambar 3. 26 Proses alkalisasi serat	52
Gambar 3. 27 Limbah serat rami yang sudah dicacah.....	52
Gambar 3. 28 TKKS yang sudah dicacah	53
Gambar 4. 1 Grafik rata-rata densitas.....	60
Gambar 4. 2 Grafik rata-rata pengembangan tebal	62
Gambar 4. 3 Grafik rata-rata kadar air	65
Gambar 4. 4 Grafik rata-rata MOE.....	67
Gambar 4. 5 Grafik rata-rata MOR	69
Gambar 4. 6 Diagram <i>fishbone</i>	75

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu hal yang selalu menjadi sorotan hingga saat ini. Hal ini bukan tanpa alasan, salah satu studi menunjukkan bahwa diperkirakan sekitar 0,52 kg sampah dibuang oleh setiap individu di Indonesia setiap harinya. Suatu studi yang dilakukan oleh Jambeck dkk (2015) juga menemukan bahwa Indonesia menjadi penyumbang sampah kedua terbesar setelah China yang dibuang ke laut dengan volume sekitar 0,48 sampai 1,29 juta ton per tahun (Sufia dan Arisona, 2021). Namun tidak dapat dipungkiri bahwa sampah adalah salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan kita sehari-hari. Sampah sendiri dapat diartikan sebagai suatu barang atau bahan yang dibuang manusia karena sudah tidak diperlukan lagi sebagai hasil dari kegiatan sehari-hari, sumbernya pun berasal dari berbagai sektor, seperti rumah tangga, industri, rumah sakit, pertanian dan lainnya. Sampah dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu sampah organik dan anorganik. Jika dilihat dari wujudnya, dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu padat, cair, dan gas. Oleh karena itu, jika tidak dibarengi dengan pengelolaan sampah yang baik, maka akan berdampak buruk bagi lingkungan (Madyatmadja dkk, 2023).

Salah satu jenis limbah yang paling banyak ditemukan adalah plastik, dan tersebar luas di berbagai belahan dunia. Keberadaannya dapat merusak estetika lingkungan pesisir, mengganggu sistem drainase dan infrastruktur pengelolaan air limbah, serta menjadi tempat berkembangnya berbagai sumber penyakit (Utomo dan Arfiana, 2023). Jenis-jenis limbah plastik yang umum digunakan meliputi *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), nilon 6, polistirena, polipropilena (PP), polietilen tereftalat (PET), dan polivinil klorida (PVC) (Park dan Kim, 2020).

Di sisi lain, Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki banyak hasil alam, salah satunya kelapa sawit, dan menghasilkan limbah biomassa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai hasil dari proses pengolahan minyak sawit dalam jumlah yang besar. Secara umum, limbah ini hanya digunakan secara terbatas sebagai bahan kompos atau bakar, tetapi berpotensi menjadi beban lingkungan jika tidak dilakukan dengan benar (Susi dkk, 2023). Limbah TKKS ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan belum banyak dipakai dalam pembuatan komposit. Selain itu, terdapat serat rami yang memiliki sifat mekanik yang baik, namun penggunaannya masih terbatas dan belum maksimal. Pemanfaatan kedua serat alam ini sebagai bahan baku material fungsional dapat menjadi salah satu upaya pengurangan limbah sekaligus diversifikasi sumber daya terbarukan (Mani dkk, 2025).

TKKS memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang baik, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku komposit ramah lingkungan. Serabut tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki sifat tahan lama, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, serta tahan terhadap air, jamur dan hama. Selain itu material ini juga memiliki ketahanan panas dan kekuatan tarik tidak langsung yang sebanding dengan baja. Seiring meningkatnya kebutuhan bahan baku alternatif akibat keterbatasan kayu, pemanfaatan serabut tandan kosong sawit menjadi relevan, khususnya dalam industri papan dan komposit (Wijayanto dkk, 2018). Selain itu, dapat juga memanfaatkan serat alam selulosa seperti serat rami (*Boehmeria Nivea*) sebagai bahan campuran yang mampu memberikan fungsi penguat bahkan tanpa ada polimer plastik untuk menghasilkan material komposit yang dapat digunakan untuk aplikasi teknik, baik struktur maupun non-struktur. Di Indonesia, serat rami juga tersedia cukup melimpah, bersifat *biodegradable* dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi (Ilham dkk, 2019).

Berdasarkan latar belakang inilah perlu adanya penelitian lanjutan tentang material komposit dengan penguat limbah serat rami-TKKS karena keduanya memiliki karakteristik yang berbeda namun saling melengkapi dan berpotensi untuk aplikasi teknis, serta *thinwall* dari polipropilena yang

berperan sebagai matriks polimernya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio dan densitas limbah serat rami-TKKS dan polipropilena terhadap sifat fisik dan *bending* komposit dengan standar JIS A 5908 : 2003. Penelitian ini dimaksudkan untuk membantu dan mengolah limbah yang ada agar dapat menjadi suatu produk yang bernilai tambah dan dapat mengurangi limbah yang menjadi masalah lingkungan hingga saat ini, serta memberikan alternatif material untuk aplikasi teknis.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio campuran serat alam (rami dan tandan kosong kelapa sawit) dengan matriks PP terhadap kemampuan fisik dan *bending* papan komposit?
2. Bagaimana pengaruh variasi kerapatan komposit terhadap sifat fisik dan *bending* komposit yang dihasilkan?
3. Apakah komposit yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu papan partikel berdasarkan JIS A 5908:2003?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku yang merupakan serat alam yang digunakan terbatas pada serat rami dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai penguat komposit dengan formulasi tetap (50 : 50) untuk campuran keduanya.
2. Polimer untuk matriks yang digunakan dibatasi pada PP daur ulang dari box makanan (*thinwall*) dengan 3 rasio berbeda .
3. Variasi penelitian hanya berfokus pada rasio campuran serat-Polipropilena dan densitas saja, adapun faktor lainnya dibuat tetap (suhu, waktu, dan tekanan *hot press*, fraksi serat, serta kadar NaOH dan lama waktu alkalisasi).
4. Pengujian sifat fisik dan mekanik hanya meliputi densitas, kadar air, pengembangan tebal, dan *bending*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi rasio campuran serat alam berupa serat rami dan tandan kosong kelapa sawit dengan matriks polipropilena (PP) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik *bending* papan komposit yang dihasilkan.
2. Menganalisis pengaruh variasi kerapatan terhadap sifat fisik dan sifat mekanik *bending* papan komposit berbasis serat alam dan matriks PP.
3. Mengevaluasi kesesuaian sifat fisik dan mekanik papan komposit yang dihasilkan terhadap standar mutu papan partikel menurut JIS A 5908:2003.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - Menyediakan tambahan referensi ilmiah mengenai pemanfaatan serat alam sebagai material penguat komposit ramah lingkungan, khususnya melalui kombinasi serat rami dan TKKS.
2. Manfaat Praktis
 - a) Bagi Masyarakat (opsional, jika relevan)
 - Memanfaatkan limbah TKKS sebagai bahan komposit membantu mengurangi limbah perkebunan yang selama ini kurang dimanfaatkan.
 - Mendorong masyarakat untuk lebih peduli terhadap penggunaan material berkelanjutan, sehingga tercipta budaya hidup yang lebih ramah lingkungan.
 - b) Bagi Industri/Perusahaan (opsional, jika ada kerjasama)
 - Menyediakan alternatif material komposit berbasis serat alam yang dapat diaplikasikan pada produk konstruksi.
 - Membuka peluang inovasi produk ramah lingkungan yang dapat meningkatkan daya saing industri di pasar global.

- Memberikan dasar pengembangan teknologi produksi papan komposit yang lebih efisien dan berkelanjutan.

c) Bagi Prodi/Perguruan Tinggi

- Menambah arsip penelitian dan referensi ilmiah di bidang material komposit ramah lingkungan.
- Menjadi bahan ajar atau studi kasus yang relevan untuk mata kuliah terkait material, akustik, maupun teknologi polimer.

d) Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis berupa peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam melakukan penelitian yang bersifat eksperimental, khususnya pada pembuatan dan pengujian papan komposit berbasis serat alam. Selain itu, penulis memperoleh pengalaman dalam analisis data sifat fisik dan mekanik *bending* serta pemahaman mengenai pemanfaatan material alternatif ramah lingkungan sebagai pengganti bahan berbasis kayu.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Sejumlah penelitian yang relevan terkait penelitian yang mengkaji tentang papan komposit dari polimer sintesis dan serat alam ini antara lain:

1. Penelitian berjudul “*Effect Of Alkaline Treatment On The Properties Of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber-Reinforced Polypropylene Composite*” yang dilakukan oleh Fatra (2016) menunjukkan bahwa perlakuan alkali menggunakan larutan ekstrak abu serat TKKS dapat mengurangi kandungan lignin dan hemiselulosa dalam serat, sehingga meningkatkan kekasaran permukaan serat untuk menghasilkan adhesi yang lebih baik antara serat dan matriks.
2. Penelitian berjudul “Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Digunakan Pada Komposit Serat TKKS” yang dilakukan oleh Gultom dkk (2014) menunjukkan bahwa Perlakuan kimia dengan NaOH 5% selama 120 menit memiliki kadar selulosa yang tinggi sebesar 58,2808% membuat kekuatan tarik pada serat dan memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan serat tanpa diberi perlakuan NaOH 5%.
3. Penelitian yang berjudul, “Pembuatan dan Uji Karakteristik Papan Serat Dari Serat Sabut Kelapa dan Plastik Polipropilena Daur Ulang” oleh Muhammad dkk (2018) menyatakan bahwa polipropilena daur ulang dapat dimanfaatkan sebagai matriks papan serat dengan performa yang cukup baik, khususnya dalam hal kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan nilai modulus patah (MOR).
4. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Primananda dkk (2025) yang berjudul, “Pengaruh Variasi Serat Rami, Limbah Rami, dan Rami Kerok sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Tarik Papan Komposit Polipropilena Daur Ulang” menunjukkan bahwa serat rami, rami kerok, dan limbah rami memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit

dengan performa yang baik dan dapat ditingkatkan sifat mekaniknya melalui perlakuan alkali serta dapat dimanfaatkan untuk aplikasi non-struktural yang mendukung konsep material ramah lingkungan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Kelapa sawit yang memiliki nama ilmiah *Elaeis guineensis* merupakan salah satu spesies dan komoditas penting di dunia. Bagaimana tidak, kelapa sawit adalah tanaman yang paling produktif dalam menghasilkan minyak nabati. Satu pohon kelapa sawit dapat menghasilkan sekitar 200 kg tandan buah segar (TBS) yang dapat diolah menjadi 40 kg minyak sawit kasar (CPO) pada usia produktifnya, yaitu di atas 6 tahun per tahunnya. Berikut tabel penjelasan mengenai kandungan pada pohon sawit :

Tabel 2. 1 Kandungan pohon sawit

Parameter	Kadar
Berat tandan	23-27 kg
Persentase bagian buah (berondolan)	60-65%
Persentase kandungan minyak dalam tandan	21-23%
Persentase bagian daging buah (mesocarp) pada setiap buah	71-76%
Persentase bagian daging buah pada setiap tandan	44-46%
Persentase bagian cangkang pada setiap buah	10-11%
Persentase bagian kernel pada setiap tandan	5-7%
Persentase bagian kernel pada setiap buah	21-22%

Kelapa sawit termasuk ke dalam golongan spesies tanaman yang tumbuh di daerah tropis, sehingga tidak umum tumbuh di daerah subtropis. Ia termasuk ke dalam kelompok palma (suku *Arecaceae*) dan

masih satu keluarga dengan tanaman kelapa dan pinang-pinangan (palem).



Gambar 2. 1 Pohon Kelapa Sawit

Sumber : Dokumentasi pribadi

Dari proses pembuatan minyak sawit diperoleh *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai output utamanya, dan beberapa jenis limbah yang jika dikelompokkan, dapat dibedakan menjadi 4 macam, yaitu limbah padat (berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, serat (*fiber*), dan abu), limbah cair (berupa air kondensat, air cucian pabrik, dan air dari sisa proses klasifikasi), limbah gas (berupa asap pembakaran biomassa pada ketel uap (*boiler*)), dan limbah B3 yang biasanya berasal dari oli bekas mesin produksi dan sarana transportasi pabrik.

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang termasuk limbah padat merupakan sisa dari Tandan buah segar (TBS) yang diolah, adapun kadarnya sekitar 22-24% dari total TBS. TKKS dihasilkan melalui proses penebahan atau pembantingan pada unit *thresher* yang bertujuan untuk memisahkan bagian berondolan buah dari janjangannya. TKKS kemudian dibawa ke tempat penampungan sementara. Umumnya

TKKS hanya dimanfaatkan sebagai mulsa dan pupuk kompos saja (Nugroho, 2019).



Gambar 2. 2 Tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

Sumber : Dokumentasi pribadi

Seiring dengan adanya peningkatan produksi CPO (*Crude Palm Oil*) dan tentunya luas perkebunan, maka akan semakin meningkat juga limbah padat dan cair dari kelapa sawit di Indonesia, salah satunya adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Namun sayangnya, seiring meningkatnya produksi CPO, tidak dibarengi dengan pengolahan limbahnya secara baik dan seimbang juga. Padahal pada kenyataannya, TKKS memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai papan akustik layaknya serabut kelapa karena memiliki karakteristik yang hampir sama. TKKS memiliki sifat yang tahan lama, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama, serta tahan panas. Pada pengujian tarik tidak langsungnya juga menunjukkan uji kuat tariknya sebanding dengan baja (Wijayanto dkk, 2018).

Dalam jurnalnya, Dewanti (2018) juga menjelaskan bahwa kandungan selulosa TKKS mencapai 30-40% beratnya,

diikuti lignin 25,83%, hemiselulosa 23,24%, dan kadar air sebesar 8,56%. Di referensi lain disebutkan, selulosanya 42,7-65%, hemiselulosa 17,1-33,5%, dan lignin 13,2-25,31% (Syabani, 2025). Dimana kandungan-kandungan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan komposit berbasis limbah. Serat dari TKKS dianggap efektif untuk digunakan sebagai penyerap suara alami, bahkan tanpa adanya matriks, dengan mengoptimalkannya melalui variasi kepadatan, ketebalan, dan celah udara, dimana hasilnya setara dengan material sintetis (wol batu) (Or dan Selamat, 2017). Kandungan yang paling berperan dalam performa penyerapan suara adalah selulosa dan hemiselulosa yang berkontribusi dalam struktur berpori TKKS. Permukaan serat ini kasar dan berpori dengan diameter rata-rata $\pm 0,07$ μm . Mekanisme suara yang masuk akan diubah menjadi panas melalui gesekan udara di dalam pori ketika melewatinya (Syabani, 2025).

2.2.2. Rami dan Limbah Rami

Tanaman dengan nama ilmiah *Boehmeria nivea* L. Gaud ini termasuk ke dalam keluarga *Urticaceae* ini pada mulanya tumbuh di bagian China barat dan tengah, serta banyak ditemukan di Indonesia khususnya daerah Wonosobo, Lahat, Lampung, dan Sumatera (Primananda dkk, 2025). Rami merupakan salah satu tumbuhan yang tumbuh subur pada tropis dan subtropis seperti Indonesia, dengan cuaca hangat dan lembab disertai curah hujan yang hampir merata sepanjang tahunnya. Tumbuhan ini dapat berumur panjang dan mudah dibudidayakan, hanya dengan biji, dan potongan akar atau batangnya. Serat rami dapat digunakan sebagai bahan campuran komposit untuk aplikasi yang luas seperti teknik, baik struktur maupun non-struktur bahkan tanpa ada polimer plastik *thermosetting* dan *thermoplastic* (Ilham, 2019). Panjang dari seratnya bervariasi, berkisar dari 2,5 - 50 cm dengan rata-rata 12,5-15 cm. Bentuk seratnya secara memanjang seperti silinder dan bergaris-garis serta mengkerut sehingga seperti

membentuk benjolan kecil pada permukaannya, adapun dilihat dari irisan melintangnya akan terlihat berbentuk lonjong memanjang dan dinding selnya tebal. (Setyawan dan Riyadi, 2020). Ukuran diameter seratnya berkisar antara 40-60 μm (Novarini dan Sukardan, 2015).



Gambar 2. 3 Pohon rami

Sumber : <https://www.rumahkapas.com/blog/rami-sebagai-pengganti-kapas>

Rami dapat diklasifikasikan sebagai jenis serat selulosa seperti halnya kapas, linen, hemp, dan lainnya. Tanaman ini juga dikenal dengan sebutan China grass. Tumbuhan ini termasuk serat alami berbasis selulosa yang berasal dari batangnya atau tergolong dalam kelompok serat batang (bast fiber) dan terkenal sebagai salah satu serat nabati terkuat (kekuatan tariknya sekitar $\sim 348\text{--}938$ MPa), serta memiliki modulus elastisitas yang tinggi juga (sekitar $\sim 24,5\text{--}128$ GPa), namun memiliki elongasi putus yang cukup rendah antara 1,2-8% saja. Kandungan selulosa rami berkisar 75%, hemiselulosa 16%, dan lignin 0,7%. Adapun pada limbah rami, kandungan selulosanya lebih sedikit jika dibandingkan dengan serat murninya, yaitu selulosa 3,67%, holoselulosa 56,25%, dan disusul dengan zat organik lain sebesar 40,08%. Holoselulosa merujuk pada bagian serat kayu yang hampir

tidak mengandung lignin dan merupakan campuran antara selulosa dan hemiselulosa (Arafah dkk, 2021). Karena kandungan selulosa yang cukup besar, serat ini memiliki kemungkinan besar untuk dijadikan sebagai material komposit, namun perlu perlakuan kimia tambahan dikarenakan sifatnya yang hidrofilik agar dapat meningkatkan kompatibilitasnya dengan matriks polimer (Elfaleh, 2023). Dalam jurnal lain menyebutkan bahwa dikarenakan kadar selulosa yang tinggi ini (72-97%) jugalah, serat rami memiliki kekuatan tarik yang tinggi, stabilitas dimensi baik, dan ketahanannya terhadap jamur serta bakteri, sehingga cocok sebagai bahan baku dalam industri tekstil dan teknik.

Tabel 2. 2 Kandungan serat rami

Komposisi	Kadar (%)
Selulosa	75
Hemiselulosa	16
Lignin	0,7

Tabel 2. 3 Kandungan limbah serat rami

Komposisi	Kadar (%)
Selulosa	3,67
Holoseululosa	56,25
Zat organik lain	40,08

Tumbuhan rami bisa tumbuh pada berbagai kondisi geografis, baik dataran rendah maupun tinggi, sehingga cocok untuk dibudidayakan di Indonesia. Salah satu varietas unggul yang dikembangkan di Indonesia adalah Ramindo I (Pujon 10), yang bisa menghasilkan serat sebanyak 2-2,7 ton per hektar per tahun dan dapat dipanen lima hingga enam kali dalam jangka waktu satu tahun (Novarini dan Sukardan, 2015).

Adapun limbah rami merupakan sisa dari proses pengolahannya dan sudah tidak digunakan karena bukan produk utama. Limbah ini bisa

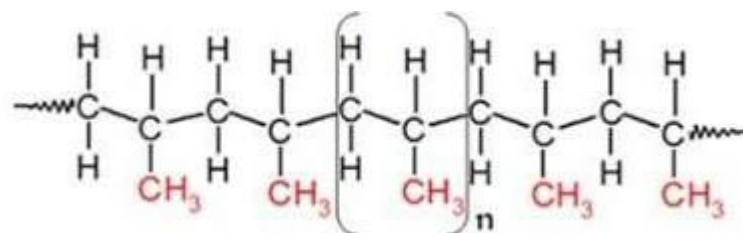
berupa sisa bagian kulit tanaman, potongan serat pendek, dan residu dari proses ekstraksi serat (Primananda dkk, 2025).

2.2.3. Polipropilena

Polipropilena merupakan polimer termoplastik yang banyak digunakan karena memiliki sifat yang ringan, tahan kimia, mudah diproses, serta memiliki kekuatan mekanik yang baik. Struktur rantai lurus PP memberikan kristalinitas tinggi, densitas rendah, ketahanan kimia dan sifat mekanik memadai. Sehingga, cocok untuk berbagai aplikasi seperti kemasan, komposit, tekstil, otomotif, hingga perangkat medis (Hossain dkk., 2024).

Karena termasuk jenis polimer termoplastik, PP memiliki kemudahan dalam proses pembentukan dan pengolahannya menjadi berbagai produk dengan berbagai metode manufaktur, seperti ekstrusi, *injection molding*, *thermoforming*, dan *blow molding*. Hal ini menunjukkan bahwa PP bersifat fleksibel dalam artian mudah dalam pengolahannya dan tidak terbatas dalam hal jenis prosesnya, sehingga lebih efisien dan praktis.

Polipropilena adalah produk dari petrokimia hilir yang berasal dari monomer olefin polipropilena dan diproduksi secara polimerisasi adisi. Proses polimerisasi bisa dilakukan dengan beberapa metode berbeda, yaitu polimerisasi larutan, polimerisasi suspensi, polimerisasi massal, dan polimerisasi fase gas. Adapun sifat PP akan bergantung pada kondisi proses, berat molekul, komponen kopolimer, dan distribusi berat molekulnya.



Gambar 2. 4 Struktur kimia PP

Sumber : <https://www.useon.com/polypropylene/>

Polipropilena mulai dikembangkan pada pertengahan abad ke-20 setelah ditemukannya katalis Ziegler-Natta oleh Karl Ziegler dan Giulio Natta pada 1954, di mana memungkinkan adanya proses polimerisasi PP yang menghasilkan struktur isotaktik yang teratur. Struktur isotaktik ini lah yang kemudian memberikan polipropilena tingkat kristalinitas yang tinggi, sehingga memiliki sifat mekanik dan stabilitas termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan polimer amorf. Dikarenakan sifatnya inilah kemudian polipropilena mulai dikenal seras diproduksi secara komersial pada akhir 1950-an dan menjadi salah satu plastik yang paling banyak digunakan hingga saat ini.

Secara karakteristik, PP tergolong ke dalam polimer semi-kristalin berdensitas rendah, yaitu $0,90 \text{ g/cm}^3$, sehingga menjadikannya salah satu plastik paling ringan di antara jenis plastik lainnya. Beberapa karakteristik baik lain polipropilena yang juga dimilikinya adalah kekakuan yang baik, ketahanan terhadap bahan kimia, penyerapan air rendah, kekuatan lentur tinggi, dan kemampuan isolasi listrik yang baik, serta titik lelehnya relatif tinggi yaitu sekitar $130\text{-}171^\circ\text{C}$ tergantung dari jenisnya, sehingga mampu mempertahankan stabilitas bentuknya pada suhu menengah. Adapun kekurangannya ialah sifat getas (*brittle*) pada suhu rendah, sehingga apabila penggunaannya untuk tujuan tertentu, perlu adanya modifikasi dengan kopolimerisasi ataupun penambahan zat aditif lain untuk meningkatkan ketahanan benturannya.

Dalam bidang material komposit, PP banyak digunakan sebagai matriks karena sifatnya yang ringan, ekonomis, dan kompatibel dengan berbagai jenis penguat, dan dapat dimodifikasi melalui penambahan kompatibilizer lain untuk meningkatkan ikatan antarmuka antara matriks dan penguat, sehingga dapat meningkatkan pula kekuatan mekanik, kekakuan, serta ketahanan lingkungannya (Maddah, 2016).

2.2.4. Komposit

Komposit merupakan istilah dari suatu kombinasi dua atau lebih material yang berbeda. Umumnya terdiri dari *filler* atau *reinforcer* (pengisi atau penguat) dan matriks (pengikat). Sifat dari masing-masing penyusunnya juga berbeda satu sama lain, baik dari sifat fisik maupun kimianya (Desiasni dkk, 2023). Komposit banyak dipilih karena memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada material tunggal (Budiman dkk, 2023). Alasan lain komposit dipilih sebagai material untuk industri adalah karena beratnya yang lebih ringan daripada logam, kekuatan dan kekakuan tinggi, tahan terhadap korosi, dan konduktivitas termalnya baik. Secara Kasat mata, komposit merupakan suatu sistem material multi fasa yang menunjukkan ikatan mekanik yang tampak homogen, namun jika dilihat secara mikroskopik, maka akan terlihat bahwa ikatannya heterogen. Karakteristik suatu material komposit sangat dipengaruhi oleh struktur penyusunnya, sehingga pemilihan komponen, proporsi, distribusi, serta tingkat kristalinitasnya menjadi faktor penting dalam menentukan sifatnya. Secara umum, komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu papan komposit (*particulate composites*), komposit lapis (*laminates composites*), dan komposit serat (*fibrous composites*) (Desiasni dkk, 2023).

Menurut (Nasution dkk, 2018), ada tiga jenis komposit berdasarkan jenis penguatnya :

1. Komposit serat, merupakan komposit yang terbuat dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi (contohnya serat dan resin sebagai perekat).
2. Komposit berlapis (*laminated composite*), adalah komposit yang tersusun dari dua lapis atau lebih, di mana setiap lapisan memiliki karakteristiknya masing-masing. Contohnya *Polywood*, *laminated glass*.

3. Komposit partikel (*particulate composite*) adalah komposit yang penguatnya menggunakan serbuk atau partikel dan tersebar merata dalam matriks. Contohnya beton.

Dikarenakan adanya isu lingkungan yang semakin marak, material yang dipakai sebagai penguat yang awalnya menggunakan serat sintetis, mulai diganti dengan alternatif serat alam. Adapun matriks memiliki fungsi sebagai pengisi celah serat dan memadatkannya sehingga antar serat akan saling terikat, melindunginya dari potensi kerusakan akibat lingkungan, memberikan bentuk pada komposit, dan mentransfer beban ke serat. Oleh karena itu, pemilihan material yang akan dipakai sebagai penguat dan pengikatnya harus benar dan hati-hati, karena ikatan antara keduanya harus kuat dan cocok baik secara fisik maupun kimia agar mencegah terjadinya ketidakcocokan antara keduanya (Primananda, 2025).

2.2.5. Perlakuan Kimia Serat (Alkalisasi)

Matriks polimer dan penguat serat alam mempunyai sifat yang berbeda, polimer bersifat hidrofobik sedangkan serat alam bersifat hidrofilik, sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kompatibilitas keduanya, baik itu melalui modifikasi permukaan serat, modifikasi matriks, maupun dengan adanya penambahan *compatibilizer*. Alkalisasi dinilai sebagai opsi yang paling ekonomis untuk serat alam (Viani dan Prayudie, 2023). Jenis bahan kimia basa yang digunakan dalam hal ini seperti NaOH, KOH, dan Al(OH)₃. Pada umumnya alkalisasi dilakukan dengan tujuan menghilangkan beberapa kandungan pada serat seperti lignin, hemiselulosa, dan minyak yang menutupi permukaan seratnya, agar permukaan serat berubah menjadi lebih kasar sehingga kemampuan mengikat antara serat dan matriks lebih kuat. Hal ini juga sebanding dengan sifat fisik dan mekanik komposit yang juga akan ikut meningkat (Meilina dkk, 2024).

Perlakuan kimia perlu dilakukan pada serat rami dan TKKS dikarenakan sifatnya terhadap matriks polimer yang berlawanan akan mengakibatkan tingkat kompatibilitasnya menjadi rendah (Ilham, 2019 dan Syabani, 2025). Kedua serat ini direndam di dalam larutan NaOH dengan waktu yang berbeda-beda. Untuk serat alam, perendaman ini berguna untuk menghilangkan komponen non-selulosa dan kotoran lain yang menempel pada serat. Alkalisasi ini juga berfungsi untuk memperbaiki sifat mekanik dan akustik serat agar dapat digunakan bersamaan dengan matriks polimernya (Syabani, 2025).

2.2.6. JIS A 5908-2003

Standar *Japanese Industrial Standard* (JIS) adalah standar yang digunakan dalam kegiatan industri di negara Jepang. Standar ini dibuat oleh Badan Standar Jepang dan dipublikasikan oleh Asosiasi Standar Jepang (Nasution dkk, 2015). Secara umum, JIS A 5908:2003 merupakan standar yang digunakan untuk menentukan kualitas *particleboard* melalui pengujian sifat fisik dan mekanik. Standar ini menetapkan beberapa parameter pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas papan partikel. Salah satu parameter yang diuji adalah kadar air (*moisture content*), yaitu jumlah air yang terkandung dalam papan yang dinyatakan dalam persentase terhadap berat kering oven, dengan nilai standar berkisar antara 5–13%. Selain itu, dilakukan pengujian kerapatan (*density*) untuk mengetahui tingkat kepadatan papan yang berpengaruh terhadap kekuatan dan sifat fisik material. Sifat mekanik papan dinilai melalui keteguhan lentur atau *Modulus of Rupture* (MOR) yang menunjukkan kemampuan papan menahan beban lentur hingga mengalami patah, serta *Modulus of Elasticity* (MOE) yang menggambarkan tingkat kekakuan papan ketika diberi beban. Stabilitas dimensi papan terhadap air diuji melalui pengembangan tebal (*thickness swelling*) setelah perendaman selama 24 jam, yang umumnya memiliki batas maksimum sekitar 12–15% tergantung pada tipe papan.

Selain itu, kualitas ikatan antar partikel di dalam papan diukur melalui *internal bond*, yaitu pengujian tarik tegak lurus terhadap permukaan papan, sedangkan keteguhan cabut sekrup (*screw holding strength*) digunakan untuk mengetahui kemampuan papan dalam menahan gaya tarik dari sekrup yang ditanam pada permukaannya. Melalui serangkaian parameter pengujian tersebut, standar JIS A 5908:2003 digunakan sebagai acuan untuk menilai apakah papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan kualitas dan performa yang ditetapkan dalam standar industri.

Tabel 2. 4 Parameter Standar JIS A 5908-2003

No	Jenis Pengujian	Parameter	Nilai Standar
1	Kadar air (<i>Moisture content</i>)	Persentase kadar air	5 – 13 %
2	Kerapatan (<i>Density</i>)	Massa jenis papan	Ditentukan sesuai tipe particleboard
3	Keteguhan lentur (MOR)	<i>Modulus of Rupture</i>	$\geq 8 - 30$ MPa tergantung tipe papan
4	Modulus elastisitas (MOE)	<i>Modulus of Elasticity</i>	Sekitar 2000 – 4000 MPa tergantung tipe
5	Pengembangan tebal	<i>Thickness Swelling</i> setelah perendaman 24 jam	Umumnya $\leq 12\%$ – 15% tergantung tipe
6	Keteguhan tarik tegak lurus	<i>Internal Bond Strength</i>	Sekitar $\geq 0,15 - 0,40$ MPa
7	Keteguhan cabut sekrup	<i>Screw Holding Strength</i>	Diuji untuk mengetahui kekuatan menahan sekrup

2.2.7. Pengujian

1. Uji Fisik

Pengujian fisik berfungsi untuk mengetahui sifat dasar dan morfologi suatu material. Sedangkan pengujian yang bersifat mekanik bertujuan untuk mengetahui respon suatu material ketika diberi beban atau gaya. *Japanese Industrial Standard A 5908-2003*, menetapkan persyaratan sifat fisik dan mekanik papan komposit/ papan partikel yang harus dipenuhi, seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 5 Parameter sifat fisik dan mekanik *bending* komposit

No	Parameter Sifat fisik dan mekanik	Standard JIS A 5908-2003
1	Kerapatan (gr/cm ³)	0.4-0.9
2	Kadar air (%)	5-13
3	Pengembangan tebal (%)	Maks. 12
4	MOE (N/mm ²)	≥ 2000 N/mm ²
5	MOR (N/mm ²)	≥ 8 N/mm ²

a. Kerapatan (Densitas)

Densitas atau kerapatan adalah satu parameter penting yang harus diuji. Pengujian kerapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume suatu benda. Tinggi rendahnya nilai kerapatan dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya, rongga komposit dan ikatan antar muka serat dan matriks. Pengujian ini dilakukan dengan standar JIS A 5908(2003). Adapun mekanisme pengujiannya adalah dengan menimbang sampel uji dalam keadaan kering dan volumenya. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

ρ = densitas m = massa (gr) V = volume (cm³)

(Desiasni dkk, 2023)

b. Kadar air

Kadar air merupakan salah satu sifat fisik papan partikel yang menunjukkan besarnya kandungan air dalam material ketika berada dalam kondisi kesetimbangan dengan lingkungan sekitarnya. Nilai kadar air dipengaruhi oleh sifat higroskopis partikel penyusun papan, terutama karena adanya komponen lignin dan selulosa (Saddikin dkk, 2019). Kedua komponen tersebut memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap serta melepaskan uap air, sehingga berperan besar terhadap perubahan kadar air pada papan partikel. Nilai tersebut dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$KA = \frac{m^1 - m^2}{m^2} \times 100\%$$

Keterangan :

KA: Kadar air sampel uji (%)

m1: Massa sampel uji sebelum dioven (g)

m2: Massa sampel uji setelah dioven (g)

c. Pengembangan tebal

Pengembangan tebal merupakan parameter yang menunjukkan tingkat perubahan ketebalan papan partikel setelah mengalami perendaman air dalam waktu tertentu. Pengembangan tebal berkaitan dengan penyerapan, khususnya pada serat yang bersifat higroskopis yang menyebabkan papan mudah menyerap air dan mempengaruhi nilai pengembangan tebal. selain itu jenis perekat juga berpengaruh terhadap pengembangan tebal (Astari dkk, 2019). Persentase pengembangan tebal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PT = \frac{t^2 - t^1}{t^1} \times 100\%$$

Keterangan :

PT: Pengembangan tebal (%)

t1: Tebal awal sebelum perendaman (mm)

t2: Tebal setelah perendaman (mm)

2. Uji *Bending*

Uji *bending* merupakan pengujian untuk menguji kekuatan *bending* (*flexural strenght*) dari suatu komposit. Adapun pengertian dari kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung sendiri adalah tegangan lengkungan maksimal yang dapat diterima oleh suatu material sebagai akibat dari adanya pembebanan luar yang diberikan tanpa mengalami kerusakan atau deformasi yang besar. Pada umumnya, konsep dari pengujian ini biasanya bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawahnya mengalami tegangan tarik. Ketika suatu spesimen tidak kuat menerima atau menahan kekuatan tarik, maka spesimen tersebut akan patah. Pada material komposit, kekuatan *bending*nya biasanya lebih baik daripada kekuatan tariknya (Beliu dkk, 2016).

a. Kekakuan Lentur Statis/*Modulus of Elasticity* (MOE)

MOE (*Modulus of Elasticity*) atau kekakuan lentur adalah suatu nilai yang menunjukkan kemampuan suatu bahan atau material untuk kembali ke bentuk semula setelah diberi beban lentur, semakin tinggi nilainya, maka semakin lentur material tersebut. Dapat dihitung dengan persamaan berikut (sesuai standar JIS A 5908 : 2003) :

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Ybd^2}$$

Keterangan :

MOE : *Modulus of Elasticity* (MPa)

ΔP : selisih beban (kgf)

L : jarak bentang antara penyangga (mm)

b : lebar spesimen (mm)

d : tebal spesimen (mm)

ΔY : Selisih lenturan beban (mm)

b. Keteguhan Patah Lentur Statis/*Modulus of Rupture* (MOR)

MOR menunjukkan nilai kekuatan patah lentur atau berapa beban maksimum suatu material yang dapat ditahannya sebelum pecah atau patah. Dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan :

MOR : *Modulus of Rupture* (MPa)

P : Berat maksimum (kgf)

L : Jarak penyangga (mm)

b : Lebar sampel uji (mm)

d : Tebal sampel uji (mm)

(Desiasni dkk, 2023)

2.2.8. Papan Akustik

Papan akustik adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap, memantulkan, atau menyebarkan gelombang suara agar menjadikan lingkungan akustik yang baik (Susanti dan Andi, 2025). Rohman dkk (2022) dalam jurnalnya menjelaskan bahwa material akustik dapat dikategorikan menjadi tiga kategori dasar, yaitu 1) material penyerap (*absorbing material*), 2) material penghalang (*barrier material*), 3) material peredam (*damping material*).

Penyerapan suara dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu porositas, ukuran pori, ketebalan material, densitas, dan resistivitas aliran. Papan akustik banyak diaplikasikan pada bangunan (ruangan, auditorium, gedung perkantoran), otomotif (suara mesin, angin, dan getaran kendaraan), *Aerospace* (peredam suara kabin pesawat), dan Industri (peredam suara mesin, HVAC {*heating, ventilation, air conditioning*}) (Mohammadi, 2025).

Papan akustik dari komposit merupakan jenis bahan non woven, sehingga ada dua faktor yang mempengaruhi kualitas peredamnya, yaitu primer dan sekunder. Faktor yang termasuk ke dalam primer ialah sifat serat (baik dari jenis serat, penampang melintang, campuran serat, dan ukuran), pelapisan film, jenis film, proses pembuatan dan ikatan web, dan parameter fisik serat. Sedangkan faktor sekundernya ialah struktur dan arsitektural, serta kondisi lingkungan dan regulasi (Erniningsih dkk, 2014).

Densitas merupakan parameter penting yang mempengaruhi kinerja akustik papan partikel berbasis serat alam. Papan dengan densitas rendah memiliki porositas yang lebih tinggi, sehingga gelombang bunyi dapat menembus lebih dalam ke struktur material dan mengalami proses penyerapan yang lebih efektif. Sebaliknya, semakin tinggi nilai densitas atau kerapatannya, gelombang bunyi cenderung akan dipantulkan dan kemampuan serap bunyi menurun (Putra, 2020).

2.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Nol (H_0)
Variasi rasio limbah serat rami–TKKS terhadap polipropilena (55:45; 50:50; dan 45:55) serta perbedaan densitas papan komposit (0,4 dan 0,5 gr/cm^3) tidak berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit yang dihasilkan.
2. Hipotesis Kerja/Alternatif (H_1)
Variasi rasio limbah serat rami–TKKS terhadap polipropilena (55:45; 50:50; dan 45:55) serta perbedaan densitas papan komposit (0,4 dan 0,5 gr/cm^3) berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit yang dihasilkan.

BAB III. METODOLOGI

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sampel dilakukan di Laboratorium Tekstil Fungsional serta Laboratorium Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano, Prodi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia dengan pertimbangan fasilitas, peralatan dan luas ruangan yang memungkinkan dapat dilakukannya persiapan ini. Laboratorium Tekstil Fungsional menyediakan peralatan untuk persiapan dan pembuatan sampel berupa alat *grinder* untuk mencacah bahan baku, *hot press* untuk pencetakan sampel, dan oven untuk pengeringan sampel. Adapun Laboratorium Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano menyediakan alat-alat untuk proses alkalisasi seperti *magnetic stirrer* dan *magnetic bar* untuk pengadukan larutan NaOH, gelas beker untuk pembuatan larutan dan wadah proses alkalisasi, timbangan analitik untuk menimbang kebutuhan NaOH dan bahan baku, serta wastafel untuk pencucian bahan baku awal dan pembilasan bahan baku setelah proses alkalisasi.
2. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Tekstil Fungsional, Prodi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri untuk uji pengembangan tebal, kadar air, dan densitas. Adapun uji lentur (*bending*) dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Laboratorium Tekstil Fungsional dipilih untuk uji fisik komposit dikarenakan menyediakan oven untuk keperluan pengujian kadar air, baskom untuk pengujian pengembangan tebal, timbangan digital untuk penimbangan sampel uji densitas, pengembangan tebal, dan kadar air, serta jangka sorong untuk mengukur ketebalan semua sampel pengujian. Sedangkan Laboratorium Teknik Mesin dipilih untuk uji *bending* karena mempunyai alat uji yang memadai untuk uji *bending* berupa *Universal Testing Machine* (UTM).

Adapun penelitian ini dilaksanakan selama (5) lima bulan, yaitu sejak bulan Oktober 2025 hingga Februari 2026.

3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Polipropilena yang digunakan terdiri dari kombinasi limbah produk *thinwall* yang diperoleh dari Pengepul barang bekas yang berlokasi di Jl. Balong-Degolan RT. 02/01, Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan produk baru *thinwall* yang diperoleh dari Toko Plastik dan Bahan Kue yang berlokasi di Jl. Kaliurang KM.10, No.13, Gentan, Sinduharjo, Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 3. 1 *Thinwall*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang diperoleh dari PT Kerry Sawit Indonesia (KSI) yang berlokasi di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah.



Gambar 3. 2 Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) utuh

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. 3 TKKS yang sudah dibersihkan

Sumber : Dokumentasi pribadi

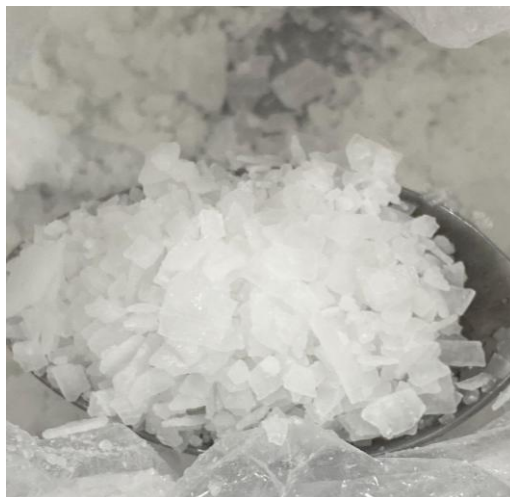
3. Limbah Rami yang diperoleh dari CV Ramindo Berkah Persada Sejahtera (Rabersa) yang berlokasi di Wonosobo, Jawa Tengah.



Gambar 3. 4 Limbah serat rami

Sumber : Dokumentasi pribadi

4. Natrium Hidroksida (NaOH) teknis diperoleh dari Sentra Bahan Kimia Laboratorium Jogja yang berlokasi Jl. Kaliurang KM.8, No.62, Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 3. 5 NaOH (soda api)

Sumber : Dokumentasi pribadi

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *hot press*



Gambar 3. 6 Mesin *hot press*

Sumber: Dokumentasi pribadi

2. Mesin *grinder*/pencacah



Gambar 3. 7 Mesin *grinder*

Sumber : Dokumentasi pribadi

3. Cetakan besi



Gambar 3. 8 Cetakan besi
Sumber:dokumentasi pribadi

4. Plat besi



Gambar 3. 9 Plat besi
Sumber : Dokumentasi pribadi

5. Cetakan kayu



Gambar 3. 10 Cetakan kayu

Sumber : Dokumentasi pribadi

6. Aluminium Foil



Gambar 3. 11 *Aluminium foil*

Sumber : Dokumentasi pribadi

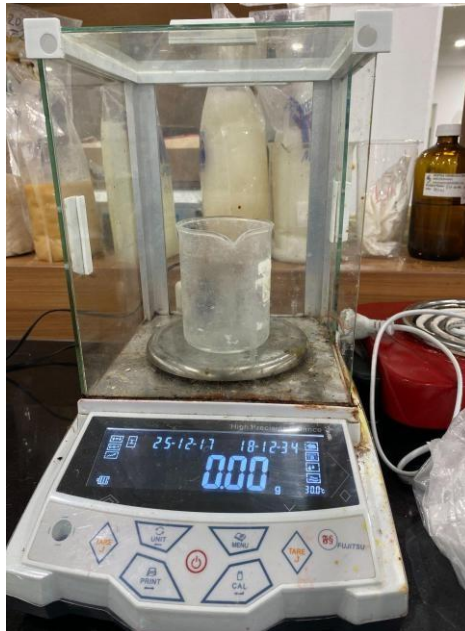
7. Sarung tangan



Gambar 3. 12 Sarung tangan

Sumber : Dokumentasi pribadi

8. Timbangan Analitik



Gambar 3. 13 Timbangan analitik

Sumber : Dokumentasi pribadi

9. Timbangan digital



Gambar 3. 14 Timbangan digital
Sumber : Dokumentasi pribadi

10. Oven



Gambar 3. 15 Oven
Sumber : Dokumentasi pribadi

11. Gelas beker



Gambar 3. 16 Gelas beker

Sumber : Dokumentasi pribadi

12. *Magnetic stirrer dan magnetic bar*



Gambar 3. 17 *Magnetic stirrer*

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. 18 *Magnetic bar*

Sumber : Dokumentasi pribadi

13. Penggaris



Gambar 3. 19 Penggaris

Sumber : Dokumentasi pribadi

14. Gunting



Gambar 3. 20 Gunting
Sumber : Dokumentasi pribadi

15. Jangka Sorong



Gambar 3. 21 Jangka sorong
Sumber : Dokumentasi pribadi

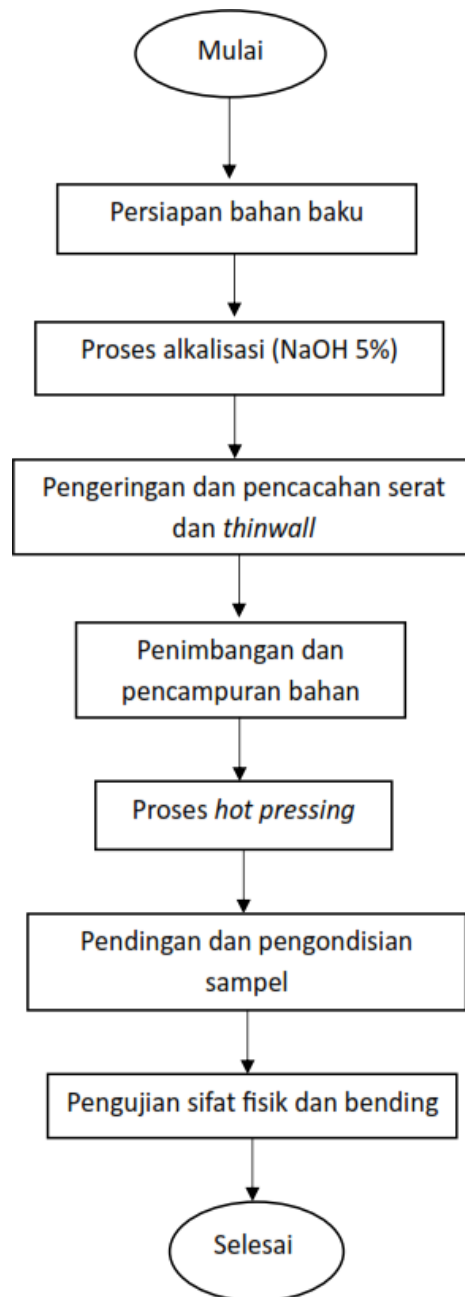
16. Nampan aluminium



Gambar 3. 22 Nampan aluminium

Sumber : Dokumentasi pribadi

3.4. Prosedur dan Pengumpulan Data



Gambar 3. 23 *Flowchart* prosedur dan pengumpulan data

Sumber : Dokumentasi pribadi

Prosedur dan pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan Bahan Baku

- Menyiapkan dan mencuci bahan baku yaitu Serat TKKS dan limbah serat rami terlebih dahulu dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran berupa tanah dan komponen asing yang tidak diperlukan.
- Menjemur di bawah sinar matahari selama 1-2 hari (tergantung cuaca) sampai serat kering. Matriks yang digunakan pada penelitian ini adalah polipropilena limbah dan baru yang berasal dari bahan *thinwall*.
- Mencacah *thinwall* menjadi ukuran lebih kecil agar mudah diproses pada tahap pelelehan.



Gambar 3. 24 TKKS yang sudah dicuci

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. 25 *Thinwall* yang sudah dicacah

Sumber : Dokumentasi pribadi

2. Melakukan Proses Alkalisasi

- Melakukan proses perlakuan alkali pada serat rami dan serat TKKS menggunakan larutan NaOH 5%. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kekasaran permukaan melalui penghilangan lignin dan hemiselulosa. Perubahan morfologi ini berperan penting dalam memperbaiki adhesi antara serat rami-serat TKKS dan matriks polipropilena, sehingga ikatan antarmuka menjadi lebih optimal selama proses pencetakan komposit. Volume air yang digunakan untuk alkalisasi limbah serat rami dan serat TKKS sebanyak 1000 ml dengan konsentrasi NaOH sebanyak 5% untuk tiap 60 gr serat, baik TKKS maupun limbah rami. Proses ini berlangsung selama 120 menit di dalam larutan
- Membilas dengan air biasa sampai pH-nya kembali netral (biasanya ditandai dengan permukaan serat yang tidak lagi licin). Rumus Kebutuhan NaOH:

$$\text{Massa NaOH (g)} = \text{Persentase NaOH} \times \frac{\text{Volume Larutan (mL)}}{100}$$



Gambar 3. 26 Proses alkalisasi serat

Sumber : Dokumentasi pribadi

3. Mengeringkan dan Mencacah Serat

- Mengeringkan serat dibawah sinar matahari selama kurang lebih 1-2 hari sampai kering (tergantung cuaca). Ketika serat telah kering, perlu dilakukan pengurangan kadar air dengan oven dengan rentang waktu 2-3 jam dengan suhu 70-80 °C yang berfungsi mengurangi kadar air yang tersisa.
- Mencacah serat dengan mesin *grinder*, mesin yang sama untuk mencacah PP *thinwall*.



Gambar 3. 27 Limbah serat rami yang sudah dicacah

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. 28 TKKS yang sudah dicacah

Sumber : Dokumentasi pribadi

4. Mencampurkan Bahan

- Menimbang serat limbah rami-TKKS dan polipropilena sesuai variasi rasio serat terhadap matriks yaitu 55%:45%, 50%:50%, 45%:55%, serta disesuaikan dengan target densitas komposit sebesar $0,4 \text{ g/cm}^3$ dan $0,5 \text{ g/cm}^3$ dengan ukuran cetakan (20 cm x 20 cm x 2 cm) untuk menghasilkan papan akustik dengan sifat akustik dan sifat mekanik yang optimal. Perhitungan komposisi massa untuk masing-masing bahan baku dengan rumus berikut:

$$\text{Massa} = \text{Densitas} \times \text{Volume}$$

- Mencampur bahan-bahan dicampur menggunakan metode *dry mixing* hingga diperoleh campuran yang relatif homogen.

Tabel 3. 1 Kebutuhan bahan

p	Serat : Matriks		
	55%:45%	50%:50%	45%:55%
0,4 gr/cm ³	176 g : 144 g	160 g : 160 g	144 g : 176 g
0,5 gr/cm ³	220 g : 180 g	200 g : 200 g	180 g : 220 g

Tabel 3. 2 Kode sampel

Rasio (%)	Densitas (g/cm³)	Serat limbah rami-TKKS (%)	PP (%)	Kode
55 : 45	0,4	55	45	A1
				A2
				A3
55 : 45	0,5	55	45	A4
				A5
				A6
50 : 50	0,4	50	50	B1
				B2
				B3
50 : 50	0,5	50	50	B4
				B5
				B6
45 : 55	0,4	45	55	C1
				C2
				C3
45 : 55	0,5	45	55	C4
				C5
				C6

5. *Hot pressing*

- Memasukkan bahan-bahan yang telah tercampur ke dalam cetakan kayu dan besi untuk membentuk dan menahan material agar tidak berhamburan. Setelah itu dipindahkan pada plat besi yang telah dilapisi aluminium foil, kemudian diletakkan pada

mesin *hot press* untuk dilakukan proses pengepresan pada suhu 190 ± 2 °C dan tekanan 100 bar selama 45 menit.

6. Mendinginkan komposit

- Mengeluarkan sampel dari mesin *hot press* dan mendinginkannya pada suhu ruang hingga mencapai kondisi dan suhu yang stabil sambil ditimpa dengan besi berat yang memiliki permukaan rata agar menjaga bentuk komposit tidak melengkung.

7. Uji Lentur (*Bending*)

- Melakukan uji lentur. Metode ini merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui perilaku material saat diberi beban yang menyebabkan material melengkung. Uji *bending* menggunakan standar JIS A 5908 : 2003 menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM).

8. Uji Kerapatan (*Density*)

- Melakukan uji kerapatan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan suatu material dengan pengukuran massa persatuan volumenya. Setiap sampel ditimbang untuk mendapatkan massa aktualnya, kemudian volume dari sampel juga dihitung dengan rumus :

$$V = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal}$$

Untuk mendapatkan tebal sampel yang lebih akurat, pengukuran ketebalannya diambil rata-rata dari 8 titik sekeliling sampel yang diukur. Ketika sudah mendapatkan data keduanya, kemudian dihitung kerapatan atau densitasnya dengan rumus :

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

9. Uji Pengembangan Tebal

- Melakukan uji pengembangan tebal bertujuan untuk mengetahui perubahan ketebalan sampel akibat perendaman dalam air selama 24 jam. Spesimen uji berukuran 5 cm x 5 cm yang telah disimpan selama 7 hari dalam suhu ruang untuk

mendapatkan kondisi stabil, kemudian mengukur ketebalan awal menggunakan jangka sorong. Pengukuran ketebalannya diambil rata-rata dari 4 titik keliling sampel yang diukur. Spesimen uji kemudian direndam dalam air dengan suhu 25 ± 2 °C selama 24 jam. Posisi perendaman berada di kedalaman 3 cm dibawah permukaan air, kemudian mengukur ketebalan spesimen uji setelah perendaman. Persentase pengembangan tebal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PT = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100\%$$

10. Uji Kadar Air

- Melakukan uji kadar air. Pengujian ini bertujuan untuk memperpanjang masa simpan papan komposit. spesimen uji berukuran 5 cm x 5 cm yang telah disimpan pada suhu ruang selama ± 7 hari guna mendapatkan kondisi stabil, kemudian menimbang berat awal spesimen. Proses pengeringan dilakukan di dalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C dengan total waktu 24 jam. Kemudian sampel ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir sampel. Persentase kadar air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$KA = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Cara Pengolahan Data

Data yang diperoleh mencakup hasil pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan, keteguhan lentur, kadar air, serta tingkat pengembangan tebal serta MOE dan MOR. Hasil pengukuran setiap pengujian dihitung menggunakan rumus yang sesuai dengan

masing-masing parameter, kemudian dilakukan perhitungan nilai rata-rata untuk masing-masing variasi rasio limbah serat rami-TKKS dengan polipropilena dan perbedaan densitas. Setiap variasi spesimen diuji sebanyak tiga kali. selanjutnya, dilakukan evaluasi untuk mengetahui pengaruh variasi rasio serat dan densitas terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit, sehingga dapat ditentukan komposisi yang menghasilkan performa yang optimal serta memiliki potensi sebagai material interior ringan berbasis limbah serat alam.

2. Cara Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio serat limbah rami-TKKS dengan polipropilena serta perbedaan densitas terhadap sifat fisik dan uji *bending* pada papan komposit. Seluruh pengujian mengacu pada standar JIS A 5908-2003. Data hasil pengujian dengan melihat tren perubahan nilai serta membandingkan antar perlakuan pada setiap variasi rasio dan densitas. Nilai densitas aktual dibandingkan dengan densitas target untuk mengevaluasi proses fabrikasi. Kadar air dianalisis berdasarkan standar 5-13%, sedangkan pengembangan tebal dibandingkan batas maksimum 12%. Nilai MOE dan MOR digunakan untuk mengevaluasi kekakuan dan kekuatan lentur papan komposit. Melalui analisis tren data dan perbandingan antar perlakuan, dapat diketahui pengaruh variasi rasio serat dan perbedaan densitas terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit. Selain itu, pemanfaatan limbah serat rami dan TKKS memberikan nilai tambah dari aspek ramah lingkungan.

3. Metode Statistik

Uji Statistik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui taraf signifikansi antara pengaruh rasio serat-PP dan target densitas papan

terhadap hasil pengujian utama yang terdiri dari uji densitas/kerapatan, uji pengembangan tebal, uji kadar air, dan uji *bending* (MOE dan MOR). Pengujian statistik ini dilakukan dengan perangkat lunak R dengan metode ANOVA satu arah pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil uji akan dianalisis dan digunakan untuk melihat apakah perbedaan setiap perlakuan akan menghasilkan pengaruh yang signifikan atau tidak signifikan secara statistik.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

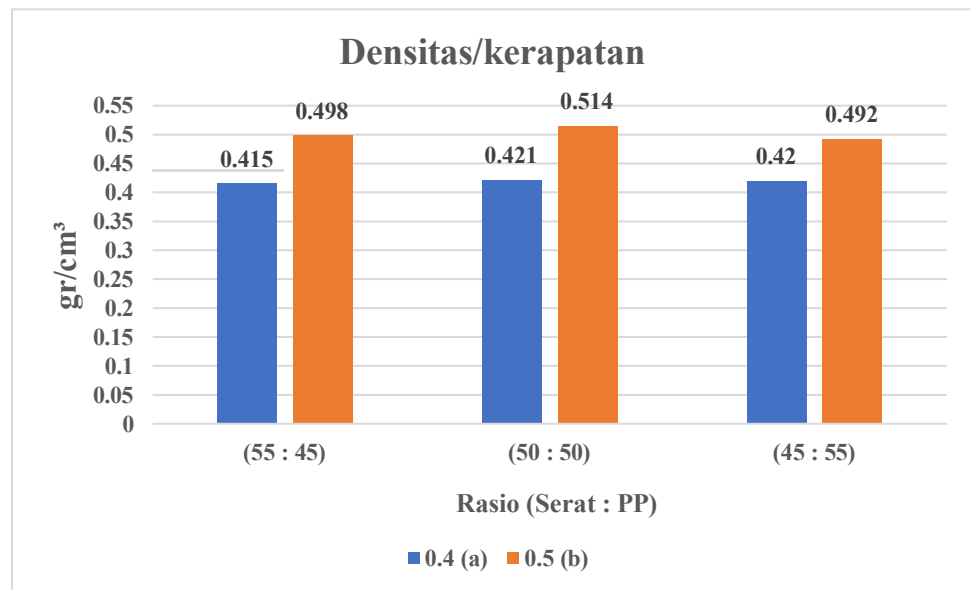
4.1.1. Uji Kerapatan/Densitas

Tabel 4. 1 Tabel Data Densitas

Rasio	Kode spesimen	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)	Rata-rata (gr/cm ³)
55 : 45 (0,4)	A1	316	780	0,405	0,415
	A2	318	756	0,421	
	A3	323	772	0,418	
55 : 45 (0,5)	A4	396	784	0,505	0,498
	A5	402	796	0,505	
	A6	394	814	0,484	
50 : 50 (0,4)	B1	315	744	0,423	0,421
	B2	317	764	0,415	
	B3	322	760	0,424	
50 : 50 (0,5)	B4	393	760	0,517	0,514
	B5	401	780	0,514	
	B6	403	788	0,511	
45 : 55 (0,4)	C1	318	740	0,429	0,415
	C2	319	772	0,413	
	C3	320	764	0,418	
45 : 55 (0,5)	C4	396	788	0,502	0,492
	C5	381	800	0,476	
	C6	399	800	0,498	

Berdasarkan hasil pengujian kerapatan papan komposit dengan target awal densitas 0,4 dan 0,5. Nilai densitas berada pada rentang 0,405-0,517

gr/cm³ . Pada spesimen dengan target densitas 0,4 gr/cm³ yaitu A1-A3, B1-B3, dan C1-C3, nilai densitas yang diperoleh berkisar antara 0,405-0,429 gr/cm³ . Sementara itu, pada spesimen dengan target densitas 0,5 gr/cm³ yaitu A4-A6, B4-B6, dan C4-C6, nilai densitas berkisar antara 0,476-0,517 gr/cm³ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh spesimen memiliki nilai densitas yang relatif mendekati target awal yang telah direncanakan, bahkan jika dihitung dengan diambil nilai rata-rata per rasio.



Gambar 4. 1 Grafik rata-rata densitas

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1.2. Hasil Uji Statistik terhadap Kerapatan/Densitas

Huruf yang sama (a) dan (b) menunjukkan tidak berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p > 0,05$).

Hasil uji statistik menggunakan ANOVA satu arah menunjukkan bahwa variasi densitas target memberikan perbedaan yang signifikan terhadap densitas aktual papan komposit ($p < 0,05$). Papan dengan densitas target 0,5 gr/cm³ memiliki densitas aktual yang secara statistik lebih tinggi dibandingkan papan dengan densitas 0,4 gr/cm³ , sedangkan variasi rasio serat dan matriks PP pada densitas yang sama tidak menunjukkan perbedaan signifikan

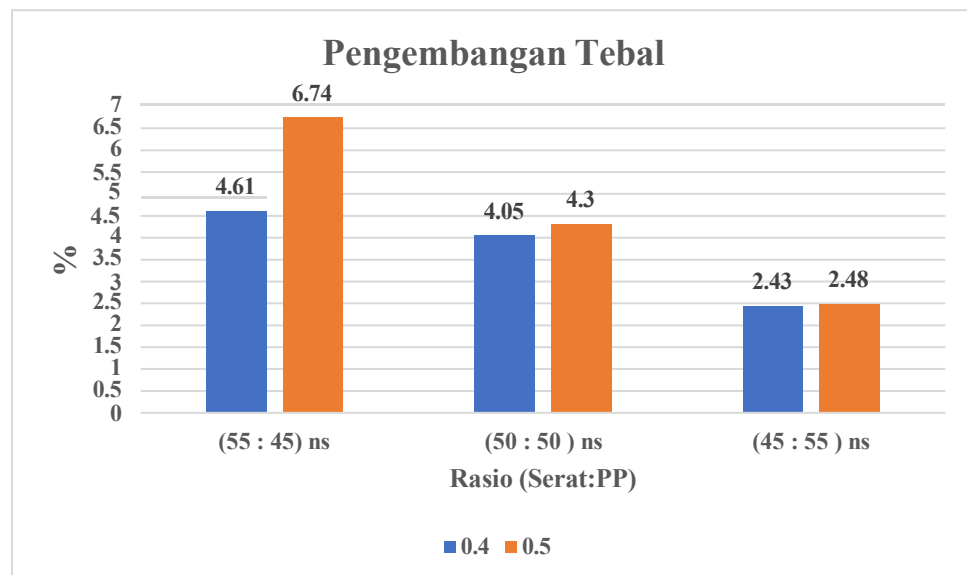
($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa densitas papan lebih dipengaruhi oleh tingkat pemadatan selama proses pengepresan dibandingkan oleh variasi rasio serat.

4.1.3. Uji Pengembangan Tebal

Tabel 4. 2 Data uji pengembangan tebal

Rasio	Kode Spesimen	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)	PT (%)	Rata-rata (%)
55 : 45 (0,4)	A1	17,6	18,15	3,13	4,61
	A2	18,2	19,45	6,87	
	A3	19	19,725	3,82	
55 : 45 (0,5)	A4	18,775	19,45	3,60	6,41
	A5	20,175	21,65	7,31	
	A6	19,075	20,85	9,30	
50 : 50 (0,4)	B1	17,825	18,475	3,65	4,05
	B2	17,65	18,3	3,70	
	B3	17,65	18,5	4,81	
50 : 50 (0,5)	B4	18,775	19,625	3,72	4,30
	B5	18,4	19,475	5,84	
	B6	18,725	19,375	3,35	
45 : 55 (0,4)	C1	17,475	17,85	2,14	2,43
	C2	17,475	18,125	3,71	
	C3	17,375	17,625	1,44	
45 : 55 (0,5)	C4	18,05	18,55	2,78	2,48
	C5	19,8	20,35	2,70	
	C6	19,05	19,425	1,97	

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh spesimen menunjukkan nilai pengembangan tebal yang berada dibawah batas maksimum standar, dengan nilai antara 1,44% hingga 9,30%. Sampel A6 dengan rasio serat dan matriks 55:45 dengan nilai PT tertinggi 9,30%. Nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada sampel C1 yaitu 1,44% dengan rasio 45:55, yang tidak berbeda jauh dengan sampel B6 yaitu 3,35% dengan rasio 50:50. Hal ini menandakan bahwa papan komposit yang dihasilkan memiliki ketahanan yang baik terhadap pengaruh air dan memenuhi standar JIS A 5908-2003.



Gambar 4. 2 Grafik rata-rata pengembangan tebal

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1.4. Hasil Uji Statistik terhadap Pengembangan Tebal

ns = tidak berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p > 0,05$).

Berdasarkan hasil ANOVA, nilai pengembangan tebal papan komposit tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara seluruh perlakuan ($p > 0,05$). Meskipun terdapat perbedaan nilai, perbedaan tersebut masih berada dalam rentang variasi data yang relatif seragam sehingga secara statistik tidak bermakna. Kondisi ini menunjukkan bahwa variasi rasio serat dan densitas belum memberikan

pengaruh nyata terhadap stabilitas dimensi papan, yang diduga dipengaruhi oleh dominasi matriks PP yang bersifat hidrofobik dan mampu membatasi pengembangan tebal akibat perendaman air.

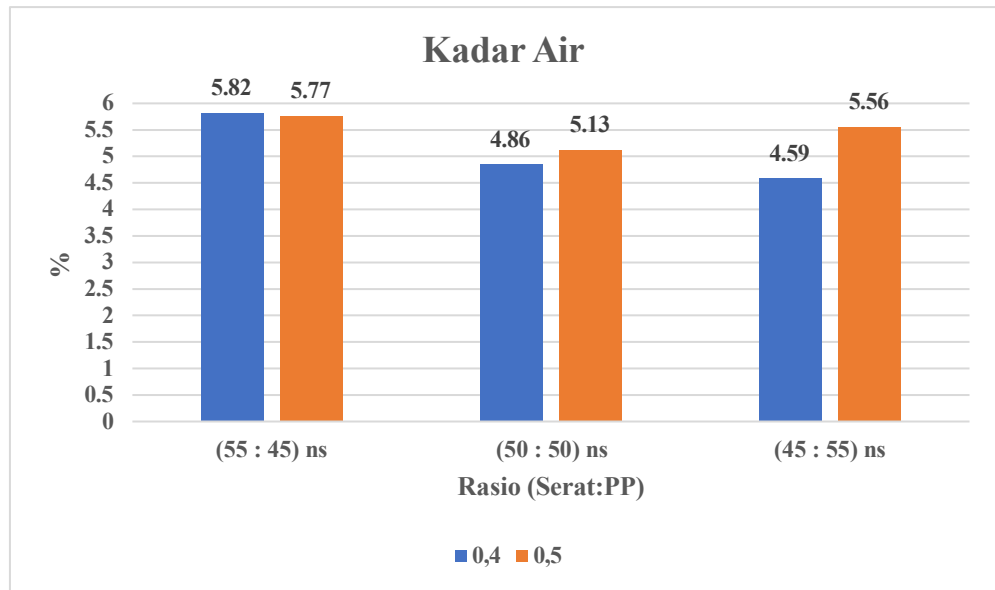
4.1.5. Uji Kadar Air

Tabel 4. 3 Data uji kadar air

Rasio	Kode spesimen	Berat awal (mm)	Berat akhir (mm)	KA (%)	Rata-rata (%)
55 : 45 (0,4)	A1	21,32	20,14	5,86	5,82
	A2	21,38	20,27	5,47	
	A3	23,58	22,22	6,12	
55 : 45 (0,5)	A4	27,70	26,25	5,52	5,77
	A5	26,19	24,68	6,12	
	A6	28,55	27,02	5,66	
50 : 50 (0,4)	B1	21,08	20,16	4,56	4,86
	B2	21,78	20,79	4,76	
	B3	22,46	21,34	5,25	
50 : 50 (0,5)	B4	28,07	26,71	5,09	5,13
	B5	30,34	28,83	5,24	
	B6	27,14	25,83	5,07	

45 : 55 (0,4)	C1	22,02	20,93	5,21	4,59
	C2	21,62	20,71	4,39	
	C3	24,47	23,49	4,17	
45 : 55 (0,5)	C4	26,35	24,70	6,68	5,56
	C5	25,61	24,38	5,04	
	C6	27,02	25,74	4,97	

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang dilakukan, diperoleh data kadar air yang berkisar antara 4,39-6,68%. Nilai terendah 4,17% diperoleh oleh rasio C3 dan yang tertinggi dengan nilai 6,68% diperoleh oleh rasio C4. Jika dilihat secara keseluruhan, hampir seluruh spesimen memenuhi standar kadar air JIS A 5908 : 2003 yang berkisar antara 5-13%, kecuali beberapa rasio, B1 (4,565), B2 (4,76%), C2 (4,39%), C3 (4,17%), dan C6 (4,97%). Rasio-rasio ini walaupun memiliki nilai yang di bawah standar, namun tetap mendekati angka minimum standar yang ada.



Gambar 4. 3 Grafik rata-rata kadar air

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1.6. Hasil Uji Statistik terhadap Kadar Air

ns = tidak berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p > 0,05$).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kadar air papan komposit pada seluruh variasi perlakuan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Nilai kadar air yang relatif seragam mengindikasikan bahwa variasi rasio serat dan densitas tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan air papan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses pengeringan bahan yang seragam serta keberadaan matriks PP yang membatasi penyerapan kelembaban oleh serat.

4.1.7. Uji *Bending*

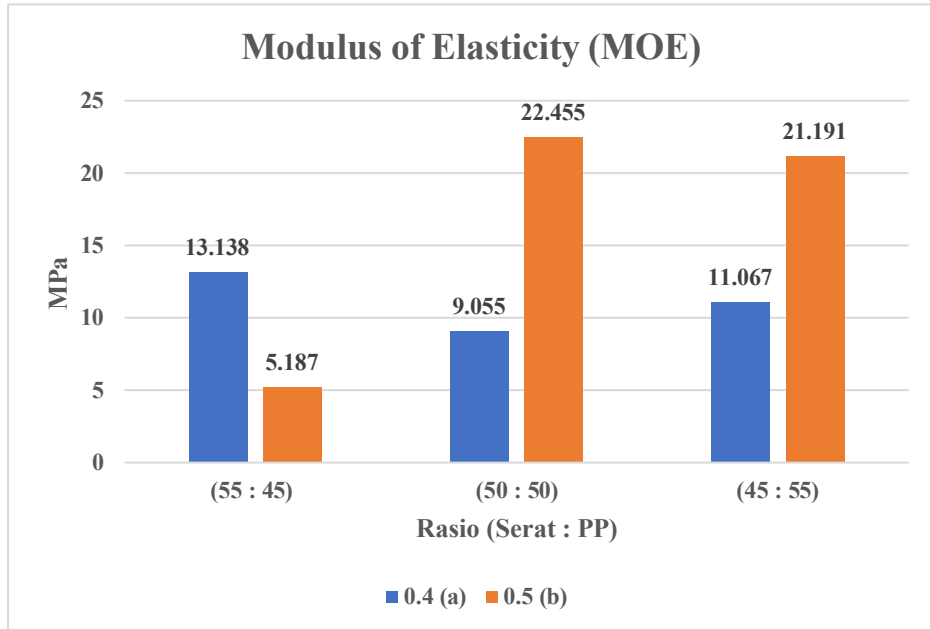
a. *Modulus of Elasticity (MOE)*

Tabel 4. 4 Data uji MOE

Rasio	Kode spesimen	MOE (MPa)	Rata-rata
55 : 45 (0,4)	A1	14,901	13,138
	A2	11,555	
	A3	12,964	
55 : 45 (0,5)	A4	4,1977	5,1871
	A5	5,3453	
	A6	6,0184	
50 : 50 (0,4)	B1	10,461	9,0554
	B2	6,0833	
	B3	10,622	
50 : 50 (0,5)	B4	20,873	22,455
	B5	25,198	
	B6	21,296	
45 : 55 (0,4)	C1	12,145	11,067
	C2	10,425	
	C3	10,633	
45 : 55 (0,5)	C4	22,564	21,191
	C5	16,530	
	C6	24,480	

Berdasarkan hasil uji lentur, nilai MOE papan komposit berada pada rentang 4,1977 MPa-25,198 MPa. Nilai tertinggi diperoleh pada B5 sebesar 25,198 MPa. Sementara itu, nilai terendah terdapat pada A4 sebesar 4,1977 MPa, diikuti oleh A5 sebesar 5,3453 MPa. Secara umum, terlihat bahwa variasi dengan densitas 0,5 gr/cm³ (B4,

B5, B6, C4, C5, dan C6) cenderung memiliki nilai MOE yang lebih tinggi dibandingkan densitas 0,4 gr/cm³ .



Gambar 4. 4 Grafik rata-rata MOE

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1.8. Hasil Uji Statistik terhadap *Modulus of Elasticity*/MOE

Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p > 0,05$).

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa variasi perlakuan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai MOE papan komposit ($p < 0,05$). Papan dengan densitas 0,5 gr/cm³ memiliki nilai MOE yang secara statistik lebih tinggi dibandingkan papan dengan densitas 0,4 gr/cm³ , sedangkan perbedaan rasio serat pada densitas yang sama tidak selalu menunjukkan perbedaan signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan densitas berkontribusi terhadap meningkatnya kekakuan papan akibat struktur yang lebih rapat dan ikatan serat–matriks yang lebih efektif.

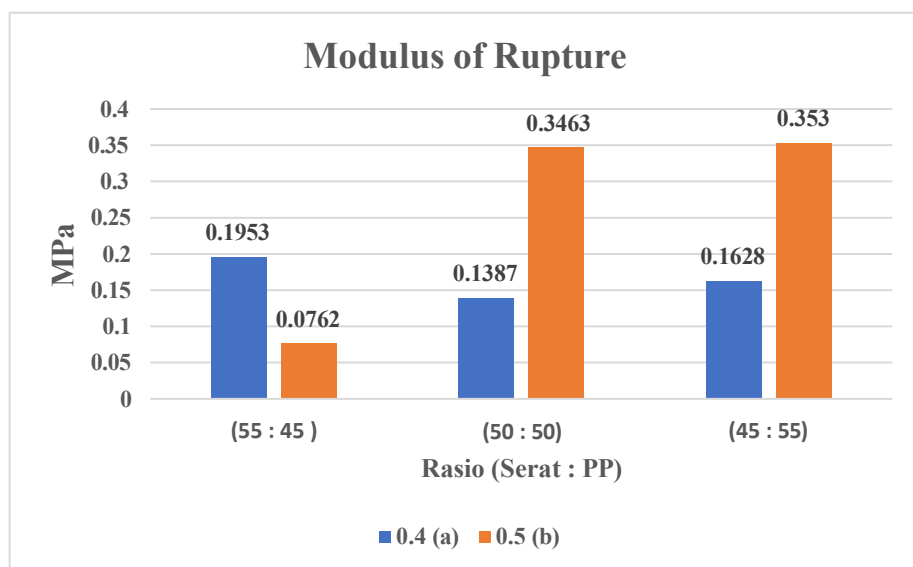
b. *Modulus of Rupture (MOR)*

Tabel 4. 5 Data uji MOR

Rasio	Kode spesimen	MOR (MPa)	Rata-rata
55 : 45 (0,4)	A1	0,2270	0,1953
	A2	0,1789	
	A3	0,1801	
55 : 45 (0,5)	A4	0,0801	0,0762
	A5	0,0697	
	A6	0,0787	
50 : 50 (0,4)	B1	0,1557	0,1387
	B2	0,1122	
	B3	0,1481	
50 : 50 (0,5)	B4	0,4004	0,3463
	B5	0,3321	
	B6	0,3064	
45 : 55 (0,4)	C1	0,1370	0,1628
	C2	0,1974	
	C3	1,541	
45 : 55 (0,5)	C4	3,400	0,3530
	C5	2,804	
	C6	4,385	

Berdasarkan hasil uji lentur, nilai MOE papan komposit berada pada rentang 4,1977 MPa-25,198 MPa. Nilai tertinggi diperoleh pada B5 sebesar 25,198 MPa. Sementara itu, nilai terendah terdapat pada A4 sebesar 4,1977 MPa, diikuti oleh A5 sebesar 5,3453 MPa. Secara umum, terlihat bahwa variasi dengan densitas 0,5 (B4, B5, B6, C4, C5, dan C6) cenderung memiliki nilai MOE yang lebih tinggi dibandingkan densitas 0,4. Hasil pengujian menunjukkan MOR pada papan komposit ini

memiliki nilai berkisar 0,0697-0,4385 MPa. Nilai tertinggi diperoleh pada C6 (45:55) sebesar 0,4385 MPa, sebaliknya nilai terendah diperoleh pada A5 (55:45) sebesar 0,0697 MPa. Secara keseluruhan, terlihat bahwa spesimen dengan densitas 0,5 (B4, B5, B6, C4, C5, dan C6) memiliki nilai MOR yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen berdensitas 0,4. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan densitas berperan penting terhadap peningkatan kekuatan lentur papan komposit.



Gambar 4. 5 Grafik rata-rata MOR

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.1.9. Hasil Uji Statistik terhadap *Modulus of Rupture*/MOR

Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($p > 0,05$).

Berdasarkan hasil analisis statistik, nilai MOR papan komposit menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antar perlakuan ($p < 0,05$). Papan dengan densitas 0,5 gr/cm³ memiliki nilai MOR yang jauh lebih tinggi dibandingkan papan dengan densitas 0,4 gr/cm³, sedangkan variasi rasio serat pada densitas yang sama tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa densitas papan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kemampuan papan

menahan beban maksimum sebelum patah, melalui peningkatan kekompakan struktur dan distribusi tegangan yang lebih merata.

4.2 Pembahasan

4.2.1. Uji Kerapatan

Nilai kerapatan yang diperoleh berkisar antara 0,405--0,517 gr/cm³, sehingga masih mendekati target densitas yang direncanakan yaitu 0,4 dan 0,5 gr/cm³. Rata-rata densitas pada rasio kelompok A sebesar 0,456 gr/cm³, rasio kelompok B sebesar 0,467 gr/cm³, dan rasio C sebesar 0,456 gr/cm³. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa variasi rasio tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas papan komposit yang dihasilkan. Pada target densitas 0,4 gr/cm³, nilai berkisar 0,405-0,429 gr/cm³, sedangkan pada target 0,5 gr/cm³ berkisar pada 0,476-0,517 gr/cm³. Perbedaan kecil antar spesimen diduga dipengaruhi oleh distribusi material dan tingkat pemadatan selama proses pengepresan. Meskipun terdapat sedikit penyimpangan dari nilai target, papan komposit yang dihasilkan masih berada dalam standar JIS A 5908-2003 (0,4-0,9 gr/cm³).

Hasil ini serupa dengan penelitian Apri Heri (2025) bahwa *particle board* dari bahan organik tidak selalu mencapai densitas target yang direncanakan meskipun masih memenuhi standar JIS A 5908-2003. Pada penelitian Pavlo Lyuty (2024) yang membahas bahwa proses *hot pressing* berperan penting dalam menentukan sifat akhir komposit karena pada tahap ini terjadi pemadatan serat dan pembentukan ikatan antar komponen material. Penyimpangan kecil pada densitas target dan densitas aktual disebabkan oleh penyusutan dimensi papan akibat aliran material selama proses pengepresan. Papan dengan densitas 0,4 gr/cm³ memiliki struktur cenderung lebih ringan dan tingkat pemadatan yang lebih rendah, sedangkan papan dengan densitas 0,5 gr/cm³ memiliki struktur lebih rapat akibat pengaruh pengepresan yang lebih dominan.

4.2.2. Uji Pengembangan Tebal

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal berkisar antara 1,14%-9,30%. Nilai pengembangan tertinggi terdapat pada sampel A6 yaitu 9,30% (55:45). Peningkatan nilai pengembangan tebal pada spesimen ini disebabkan oleh kandungan serat yang lebih tinggi dibandingkan matriks. Hal ini sejalan dengan penelitian Astari (2019) bahwa selain jenis matriks yang digunakan, sifat serat yang higroskopis juga berpengaruh terhadap pengembangan tebal dikarenakan dapat mudah menyerap air. Semakin tinggi proporsi serat, semakin besar kemungkinan air terserap ke dalam struktur papan komposit, yang dapat meningkatkan pengembangan tebal.

Sebaliknya, nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada spesimen C1 sebesar 1,44% (45:55). Komposisi matriks yang lebih tinggi cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penyerapan air, karena matriks yang digunakan adalah polipropilena. Polimer ini bersifat relatif lebih hidrofobik dibandingkan serat. Berdasarkan kelompok rasio, nilai pengembangan tebal pada kelompok A berkisar 3,13-9,30%, kelompok B sebesar 3,35-5,84% dan kelompok C sebesar 1,44-3,17%. Kelompok C memiliki nilai paling rendah yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi matriks dapat mengurangi penyerapan air dan meningkatkan stabilitas dimensi. Jika dilihat berdasarkan target densitas, papan dengan densitas 0,5 gr/cm³ cenderung memiliki nilai pengembangan tebal lebih tinggi dibandingkan densitas 0,4 gr/cm³ yang diduga dipengaruhi oleh fenomena spring back setelah proses pengepresan. Namun, secara statistic perbedaan tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap stabilitas dimensi. Secara keseluruhan, seluruh papan komposit masih memenuhi standar JIS A 5908-2003.

4.2.3. Uji Kadar Air

Hasil pengujian kadar air papan partikel secara umum memperoleh data yang berkisar antara 4,17-6,68%. Rasio C3 memperoleh nilai KA paling kecil, yaitu 4,17%, sedangkan nilai paling tinggi didapatkan oleh rasio C4 dengan nilai 6,68%. Berdasarkan kelompok, kelompok A memiliki nilai antara 5,47-6,12%, kelompok B 4,56-5,25%, dan kelompok C dengan nilai 4,17-6,68%. Dari hasil ini dapat kita lihat bahwa kadar air pada papan komposit ini tergolong relatif rendah dan cukup seragam.

Mengacu pada standar JIS A 5908 : 2003, kadar yang diperbolehkan untuk digolongkan sebagai komposit ialah 5-13%, sehingga seluruh sampel dapat disebut sebagai papan komposit, kecuali 5 rasio, yaitu B1 (4,565), B2 (4,76%), C2 (4,39%), C3 (4,17%), dan C6 (4,97%). Rasio-rasio ini walaupun memiliki nilai yang di bawah standar, namun tetap mendekati angka minimum standar yang ada. Perbedaan nilai kadar air dapat dipengaruhi oleh homogenitas pencampuran, serta distribusi panas selama proses *hot press*. Peningkatan jumlah matriks yang hidrofobik juga dapat menurunkan nilai kadar air karena material ini tidak mudah menyerap air. Namun, secara keseluruhan papan komposit yang dihasilkan masih memenuhi standar kadar air menurut JIS A 5908-2003.

4.2.4. Uji *Bending*

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai MOE papan komposit berkisar pada 4,1977-25,198 MPa. Berdasarkan kelompok sampel, kelompok A memiliki nilai 4,1977-14,901 MPa, kelompok B berkisar 6,0833-25,198 MPa, dan kelompok C memiliki nilai 10,425-24,480 MPa. Pada kelompok B dan C bahwa densitas 0,5 gr/cm³ menghasilkan nilai MOE lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa peningkatan densitas

membuat struktur papan lebih kompak dan kaku. Secara umum, rendahnya nilai MOE diduga dipengaruhi oleh densitas papan yang rendah, Panjang serat serta ikatan antara serat dan matriks yang belum optimal, sehingga papan kurang mampu menahan deformasi elastis saat menerima beban.

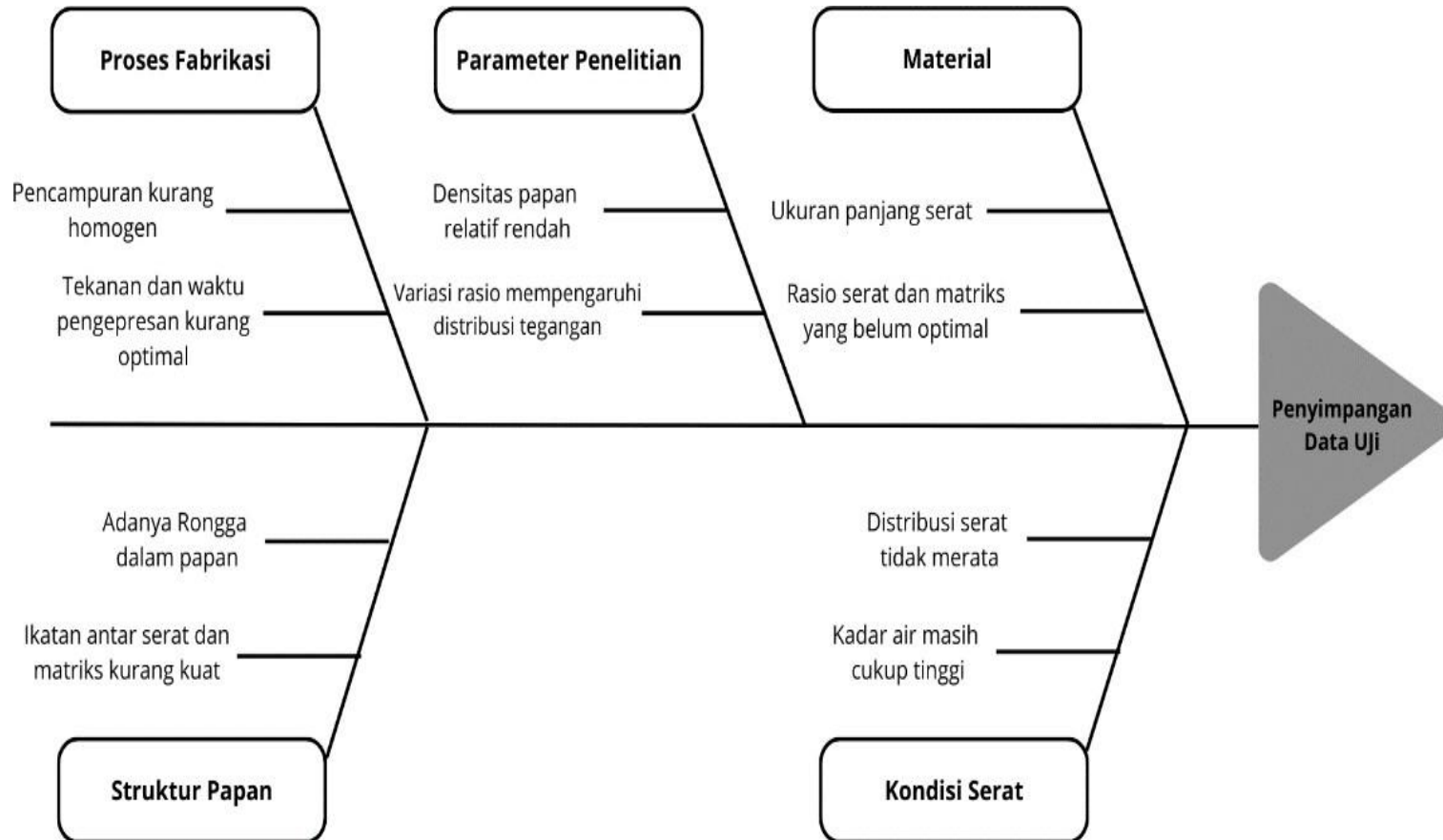
Hasil pengujian MOR menunjukkan nilai berkisar antara 0,0697-0,4385 MPa. Berdasarkan kelompok sampel, kelompok A memiliki nilai 0,0697-0,2270 MPa, kelompok B berkisar 0,1122-0,4004 MPa, sedangkan kelompok C berkisar 0,1370-0,4385 MPa. Pada kelompok B dan C menunjukkan bahwa densitas 0,5 gr/cm³ cenderung meningkatkan nilai MOR, karena struktur papan menjadi lebih padan sehingga mampu menahan beban lentur. Meskipun terdapat variasi peningkatan pada keeluruhan nilai MOE dan MOR papan komposit mashi berada dibawah standar, sehingga papan yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan kekuatan mekanik yang ditetapkan berdasarkan JIS A5908-2003.

4.2.5. Faktor-faktor Penyebab Penyimpangan Nilai Pada Hasil Uji Sifat Fisik dan *Bending*

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik papan komposit yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai kadar air, pengembangan tebal serta *bending* yang meliputi MOE dan MOR dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan. Faktor-faktor tersebut meliputi material, proses fabrikasi, kondisi serat, parameter penelitian serta struktur papan.

Pada faktor proses fabrikasi, pencampuran bahan yang kurang merata di dalam papan komposit serta tekanan dan waktu pengepresan yang kurang optimal juga dapat mempengaruhi proses pepadatan material sehingga ikatan antar komponen tidak terbentuk secara efektif. Parameter penelitian seperti densitas papan dan variasi rasio serat-matriks mempengaruhi distribusi tegangan pada komposit. Faktor

material seperti ukuran serat dan komposisi serat-matriks yang kurang kuat, distribusi serat yang tidak merata, serta kadar air pada serat juga mempengaruhi sifat akhir papan komposit. Untuk mempermudah pemahaman mengenai hubungan berbagai faktor yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan komposit, faktor-faktor tersebut disajikan dalam bentuk *Diagram fishbone* yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 6 Diagram *fishbone*

Sumber : Dokumentasi pribadi

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi rasio campuran serat rami–TKKS terhadap matriks polipropilena mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik *bending* papan komposit. Peningkatan fraksi matriks polipropilena cenderung menurunkan nilai pengembangan tebal dan kadar air serta meningkatkan nilai MOE dan MOR. Hal ini menunjukkan bahwa matriks berperan penting dalam meningkatkan ikatan antar komponen sehingga distribusi tegangan menjadi lebih baik. Sebaliknya, rasio dengan fraksi serat lebih tinggi menunjukkan kecenderungan peningkatan penyerapan air dan penurunan sifat mekanik karena keterbatasan matriks dalam mengikat serat secara optimal.
2. Variasi kerapatan berpengaruh terhadap sifat fisik dan sifat mekanik *bending* papan komposit. Papan dengan kerapatan 0,5 gr/cm³ menunjukkan nilai MOE dan MOR yang lebih tinggi yang menandakan peningkatan kekakuan dan kekuatan lentur akibat struktur yang lebih rapat dan distribusi tegangan yang lebih baik. Namun, beberapa parameter uji fisik seperti pengembangan tebal dan kadar air menunjukkan nilai lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh efek *spring back* (komposit kembali mengembang setelah proses pengepresan) setelah pengepresan dan pelepasan tegangan internal, sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan perubahan dimensi saat perendaman air dan ketidakhomogenan pencampuran bahan dan distribusi panas yang kurang merata. Sedangkan, papan dengan kerapatan 0,4 gr/cm³ menyebabkan nilai MOE dan MOR lebih rendah

karena memiliki struktur yang lebih renggang sehingga ikatan antar komponen tidak sekuat pada kerapatan yang lebih tinggi.

3. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik yang meliputi kerapatan, kadar air, pengembangan tebal pada papan komposit berbasis serat rami–TKKS dengan matriks polipropilena secara umum telah memenuhi persyaratan mutu papan partikel menurut JIS A 5908:2003 kecuali pada salah satu sifat mekanik yaitu uji *bending* dikarenakan hasil pengujian yang jauh dibawah standar. Meski demikian,, komposit yang dihasilkan berpotensi diaplikasikan sebagai papan non-struktural untuk kebutuhan interior ringan berbasis material ramah lingkungan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode pencampuran yang lebih homogen, seperti *melt blending* atau penggunaan ekstruder, agar distribusi matriks polipropilena pada serat rami dan tandan kosong kelapa sawit lebih merata. Pencampuran yang lebih baik diharapkan mampu meningkatkan ikatan antarmuka serat–matriks serta menurunkan nilai kadar air dan pengembangan tebal papan komposit.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap variasi suhu, tekanan, dan waktu pengepresan agar distribusi panas selama proses *hot press* menjadi lebih merata. Optimalisasi parameter ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas ikatan dan mengurangi ketidakteraturan sifat fisik papan komposit.
3. Penambahan *compatibilizer* seperti *maleic anhydride grafted polypropylene* (MAPP) pada penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam yang bersifat hidrofilik dan matriks polipropilena yang bersifat hidrofobik, sehingga sifat mekanik dan ketahanan terhadap kelembaban dapat ditingkatkan.

4. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi rentang variasi rasio serat–matriks dan kerapatan yang lebih luas guna memperoleh komposisi optimum yang menghasilkan keseimbangan terbaik antara sifat fisik dan sifat mekanik papan komposit.
5. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengontrol ukuran dan distribusi panjang serat rami dan tandan kosong kelapa sawit secara lebih ketat. Variasi panjang dan ukuran serat dapat mempengaruhi homogenitas campuran, pembentukan ikatan antarmuka, serta performa sifat fisik dan mekanik papan komposit.
6. Perlu dilakukan pengendalian kadar air awal serat sebelum proses pencampuran dan pengepresan. Kadar air awal yang terlalu tinggi dapat menghambat proses peleburan matriks dan pembentukan ikatan, serta berpotensi meningkatkan kadar air dan pengembangan tebal papan komposit yang dihasilkan.
7. Disarankan penggunaan *spacer* atau sistem pembatas ketebalan yang lebih presisi selama proses *hot press* untuk memastikan ketebalan papan seragam. Pemerataan tekanan dapat membantu mengurangi perbedaan sifat fisik dan mekanik antar bagian papan.
8. Penelitian lanjutan dapat menambahkan analisis mikrostruktur, seperti pengamatan penampang papan menggunakan mikroskop optik atau SEM, untuk mengevaluasi distribusi serat, matriks, dan pori, sehingga hubungan antara struktur internal dan sifat fisik–mekanik dapat dijelaskan dengan lebih jelas.
9. Untuk memperluas potensi aplikasi, penelitian selanjutnya dapat menambahkan pengujian lain seperti ketahanan terhadap serangan jamur, sifat akustik, atau uji ketahanan jangka panjang terhadap lingkungan, sehingga kelayakan papan komposit sebagai material fungsional ramah lingkungan dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Madyatmadja, E. D., Widjaja, S. A., Pangukir, J. P. H., Budiharjo, M., Rianky, & Heryanda, O. (2023). Data visualisasi tingkat kenaikan limbah sampah di Indonesia. *Infotech: Journal of Technology Information*, 9(2)187.
- R. Sufia dan R. D. Arisona. (2021). *Introducing environmental education to early children through 3R activities (an effort for Indonesia free trash)*. IOP Conf. Series : Earth Environmental Science, 747 012030.
- Utomo, L. W., & Arfiana, S. (2023). “Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) sebagai Bahan Tambahan Dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal (Review)”. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 164–179.
- Park, J. K., & Kim, M. O. (2020). Mechanical Properties of Cement-Based Materials with Recycled Plastic: A Review. *Sustainability*, 12 (21).
- Susi, S., Ainuri, M., Wagiman, W., & Falah, M. A. F. (2023). “High-Yield Alpha-Cellulose From Oil Palm Empty Fruit Bunches by Optimizing Thermochemical Delignification Processes for Use as Microcrystalline Cellulose”. *International Journal of Biomaterials*, 2023, Article ID 9169431.
- Mani, K. A., (2025). “Mechanical Properties and Microstructure of Ramie Fiber–Reinforced Natural Rubber Composites”. *Journal of Composites Science*, 9(7), 332.
- Wijayanto, J., Mujiarto, S., & Barry, A. (2018). “Analisis Koefisien Bunyi Papan Partikel Berbahan Baku Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit”. *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan (SNRT)*, Politeknik Negeri Banjarmasin, 7 November 2018. ISSN 2341-5662.
- Ilham, M. M., & Istiqlaliyah, H. (2019). “Pemanfaatan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer”. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(1), 34-41.
- Nugroho, A. 2019. *Buku Ajar : Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*. Lambung Mangkurat University Press.

- Wijayanto, J., Mujiarto, S., & Barry, A. (2018). “*Analisis Koefisien Bunyi Papan Partikel Berbahan Baku Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit*”. Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan (SNRT), Politeknik Negeri Banjarmasin, 7 November 2018. ISSN 2341-5662.
- Dewanti, D. P. (2018). “*Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan*”. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81–86.
- Syabani, N. A., & Aritonang, S. (2025). “*Analisis Sifat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Akustik: Jurnal review*”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(1), 122–128.
- Nasution, U. H. dkk. (2015). Studi Komparasi SNI 01-4449-2006 DENGAN JIS A 5905 : 2003. *Peronema Forestry Science Journal*.
- Japanese Industrial Standards. 2003. *JIS A 5908:2003 Particleboard*. Tokyo: Japanese Standards Association.
- Or, K. H., Putra, A., & Selamat, M. Z. (2017). “*Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibres As Sustainable Acoustic Absorber*”. *Applied Acoustics*, 119, 9–16.
- Syabani, N. A., & Aritonang, S. (2025). “*Analisis Sifat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Akustik: Jurnal review*”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(1), 122–128.
- Primananda, A., Sabila, F., & Rebia, R. A. (2025). “*Pengaruh Variasi Serat Rami, Limbah Rami, dan Rami Kerok Sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Tarik Papan Komposit Polipropilena Daur Ulang*”. *Jurnal Rekayasa Tekstil* 10(2), 13067–13073.
- Ilham, M. M., & Istiqlaliyah, H. (2019). “*Pemanfaatan Serat Rami (Boehmeria Nivea) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer*”. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(1), 34-41.
- Setyawan, R. T. dan Slamet Riyadi. (2020). Analisis Variasi Struktur Serat Rami Komposit Matrik Epoksi Terhadap Kekuatan Uji Balistik dan *Bending Momentum*, 16(2) 111-115.

- Novarini, E. dan M. Danny Sukardan. (2015). Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil dan Produk Tekstil dan Tekstil Teknik. *Arena Tekstil*, 30(2)113-122.
- Arafah, N. dkk. (2021). Pemanfaatan Serat Rami (*Boehmeria nivea*) Sebagai Material Peredam Suara Untuk Bangunan Rumah. *Arena Tekstil*, 36(1) 31-38.
- Elfaleh, I. Et al. (2023). “*A Comprehensive Review of Natural Fibers and Their Composites: An Eco-Friendly Alternative to Conventional Materials*”. *Results in Engineering*, 19, 101271.
- Novarini, E. dan M. Danny Sukardan. (2015). Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil dan Produk Tekstil dan Tekstil Teknik. *Arena Tekstil*, 30(2)113-122.
- Primananda, A., Sabila, F., & Rebia, R. A. (2025). “*Pengaruh Variasi Serat Rami, Limbah Rami, dan Rami Kerok Sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Tarik Papan Komposit Polipropilena Daur Ulang*”. *Jurnal Rekayasa Tekstil* 10(2), 13067–13073.
- Hossain, M. T. dkk. (2024). Research and application of polypropylene: a review. *Discover Nano*.
- Maddah, H. A. (2016). Polypropylene as a Promising Plastic : A Review. *American Journal of Polymer Science*, 6(1) : 1-11.
- Desiasni, R. dkk. (2023). Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif : Papan Komposit. *Jurnal Tambora*, 7(2) 78-83.
- Budiman, S. A., Sulardjaka, & Iskandar, N. (2023). “*Analisis Kekuatan Lentur Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matriks Gondorukem Pada Fraksi Massa 15% dan 30%*”. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 11(1), 32–39.
- Desiasni, R. dkk. (2023). Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif : Papan Komposit. *Jurnal Tambora*, 7(2) 78-83.

- Nasution, A. dkk. (2018). Analisis Pengaruh Benang Wol dan Limbah Batang Pisang Dalam Rancangan Produk Komposit Peredam Bunyi Ruang Akustik. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 20(2) 53-62.
- Primananda, A., Sabila, F., & Rebia, R. A. (2025). “*Pengaruh Variasi Serat Rami, Limbah Rami, Dan Rami Kerok Sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Tarik Papan Komposit Polipropilena Daur Ulang*”. *Jurnal Rekayasa Tekstil*, 10(2), 13067–13073.
- Viani, V. dan Untung Prayudie. (2024). Pengaruh Penambahan Serat Biduri (Calotropis Gigantea) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Daur Ulang/Serat Biduri. *Journal of Polymer Chemical Engineering and Technology*, 1(1) 17-22.
- Meilina, P. dkk. (2024). Studi Alkalisasi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat Komposit Material Akustik. *Jurnal Natural Scientiae*, 4(1) 39-44.
- Ilham, M. M., & Istiqlaliyah, H. (2019). “*Pemanfaatan Serat Rami (Boehmeria Nivea) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer*”. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(1), 34-41.
- Syabani, N. A., & Aritonang, S. (2025). “*Analisis Sifat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Akustik: Jurnal review*”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(1), 122–128.
- Desiasni, R. dkk. (2023). Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (Swietenia Macrophylla) Sebagai Material Alternatif : Papan Komposit. *Jurnal Tambora*, 7(2) 78-83.
- Saddikin, M., dkk. (2019). Analysis Physical and Mechanical of Particle Board Raw Material Nipah Fruit Fiber. *Teknomekanik*, 2(1)14-19.
- Astari, L., dkk.(2019). Sifat fisik, Mekanik dan Akustik Papan Partikel Berbahan Dasar Batang Jagung (Zea mays L.). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 11(1).
- Beliu, H.R., dkk. (2016). Analisa Kekuatan Tarik dan *Bending* pada Komposit Widuri - Polyester. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 3(2)11-20.

- Desiasni, R. dkk. (2023). Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif : Papan Komposit. *Jurnal Tambora*, 7(2) 78-83.
- Susanti, L. dan Andi P. W.. (2025). Riset Papan Akustik Berbahan Limbah : Perspektif Bibliometrik Global 2004-2024. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 9(3) 285-293.
- Rohman, A. S., dkk. (2022). Aplikasi Styrofoam Sebagai Absorpsi Bunyi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 10(1) 1-10.
- Mohammadi, M. dkk. (2025). A Comprehensive Review of Factors Influencing the Sound Absorption Properties of Micro-Perforated Papan Structures. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 13 : 319.
- Eriningsih, R., dkk. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam. *Arena Tekstil*, 29(1) 1-8.
- Putra, A.S. (2020). Penentuan Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit. *Surya Teknika*, 7(2)182-185.
- Iswanto, A. H., dkk. (2025). *Development and characterization of novel particleboard papan s manufactured from organic waste with fiberglass reinforcement*. Elsevier.
- Lyutyy, P., dkk. (2024). *Hot pressing Process of Flat-Pressed Wood-Polymer Composite: Theory and Experiment*. Polymers.

LAMPIRAN

DATA MENTAH HASIL PENGUJIAN

a. Densitas/Kerapatan

Kode Spesimen	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (gr)	Tebal (cm)	Volume (cm ³)
A1	20,00	20,00	316	1,95	780
A2	20,00	20,00	318	1,89	756
A3	20,00	20,00	323	1,93	772
A4	20,00	20,00	396	1,96	784
A5	20,00	20,00	402	1,99	796
A6	20,00	20,00	394	2,03	814
B1	20,00	20,00	315	1,86	744
B2	20,00	20,00	317	1,91	764
B3	20,00	20,00	322	1,90	760
B4	20,00	20,00	393	1,90	760
B5	20,00	20,00	401	1,95	780
B6	20,00	20,00	403	1,97	788
C1	20,00	20,00	318	1,85	740
C2	20,00	20,00	319	1,93	772
C3	20,00	20,00	320	1,91	764
C4	20,00	20,00	396	1,97	788
C5	20,00	20,00	381	2,00	800
C6	20,00	20,00	399	2,00	800

b. Pengembangan Tebal

Kode Spesimen	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)	PT (%)
A1	17,6	18,15	3,13
A2	18,2	19,45	6,87
A3	19	19,725	3,82

A4	18,775	19,45	3,60
A5	20,175	21,65	7,31
A6	19,075	20,85	9,30
B1	17,825	18,475	3,65
B2	17,65	18,3	3,70
B3	17,65	18,5	4,81
B4	18,775	19,625	3,72
B5	18,4	19,475	5,84
B6	18,725	19,375	3,35
C1	17,475	17,85	2,14
C2	17,475	18,125	3,71
C3	17,375	17,625	1,44
C4	18,05	18,55	2,78
C5	19,8	20,35	2,70
C6	19,05	19,425	1,97

c. Kadar Air

Kode Spesimen	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)	Kadar Air (%)
A1	21,32	20,14	5,86
A2	21,38	20,27	5,47
A3	23,58	22,22	6,12
A4	27,70	26,25	5,52
A5	26,19	24,68	6,12
A6	28,55	27,02	5,66
B1	21,08	20,16	4,56
B2	21,78	20,79	4,76
B3	22,46	21,34	5,25
B4	28,07	26,71	5,09
B5	30,34	28,83	5,24

B6	27,14	25,83	5,07
C1	22,02	20,93	5,21
C2	21,62	20,71	4,39
C3	24,47	23,49	4,17
C4	26,35	24,70	6,68
C5	25,61	24,38	5,04
C6	27,02	25,74	4,97

d. Bending (MOE & MOR)

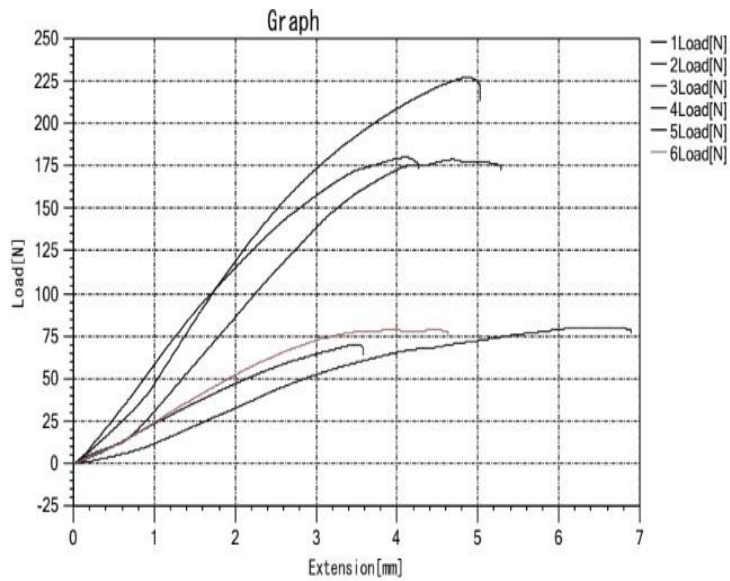
Data uji bending MOE

Rasio	Kode spesimen	MOE (MPa)	Rata-rata
55 : 45 (0,4)	A1	14,901	13,138
	A2	11,555	
	A3	12,964	
55 : 45 (0,5)	A4	4,1977	5,1871
	A5	5,3453	
	A6	6,0184	
50 : 50 (0,4)	B1	10,461	9,0554
	B2	6,0833	
	B3	10,622	
50 : 50 (0,5)	B4	20,873	22,455
	B5	25,198	
	B6	21,296	
45 : 55 (0,4)	C1	12,145	11,067
	C2	10,425	
	C3	10,633	
45 : 55 (0,5)	C4	22,564	21,191
	C5	16,530	
	C6	24,480	

Data uji *bending* MOR

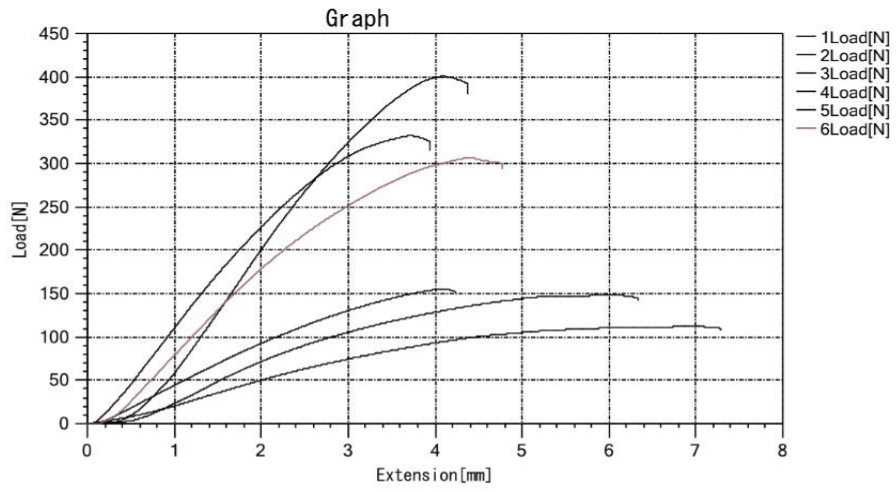
Rasio	Kode spesimen	MOR (MPa)	Rata-rata
55 : 45 (0,4)	A1	0,2270	0,1953
	A2	0,1789	
	A3	0,1801	
55 : 45 (0,5)	A4	0,0801	0,0762
	A5	0,0697	
	A6	0,0787	
50 : 50 (0,4)	B1	0,1557	0,1387
	B2	0,1122	
	B3	0,1481	
50 : 50 (0,5)	B4	0,4004	0,3463
	B5	0,3321	
	B6	0,3064	
45 : 55 (0,4)	C1	0,1370	0,1628
	C2	0,1974	
	C3	1,541	
45 : 55 (0,5)	C4	3,400	0,3530
	C5	2,804	
	C6	4,385	

Hasil uji *bending* papan komposit A (55 : 45)

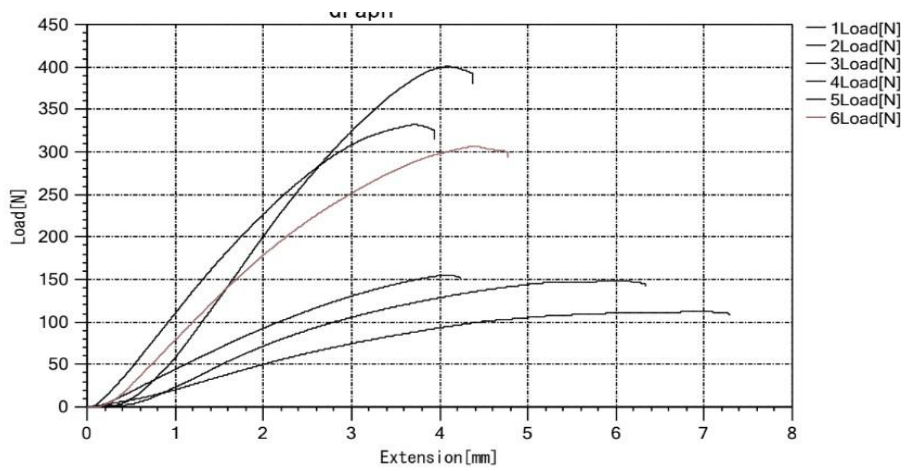


	Upper yield point Stress MPa	Lower yield point Elongation %GL	Elastic modulus MPa	Max point Stress MPa	Yield extension Elongation %GL	Yield extension Elongation %GL
1	0.2270	-0.0210	14.901	0.2270	****	****
2	0.1752	2.1297	11.555	0.1789	****	****
3	0.1801	-0.0210	12.964	0.1801	****	****
4	0.0677	2.1398	4.1977	0.0801	****	****
5	0.0697	-0.0210	5.3453	0.0697	****	****
6	0.0773	1.7898	6.0184	0.0787	****	****

Hasil uji *bending* papan komposit B (50 : 50)

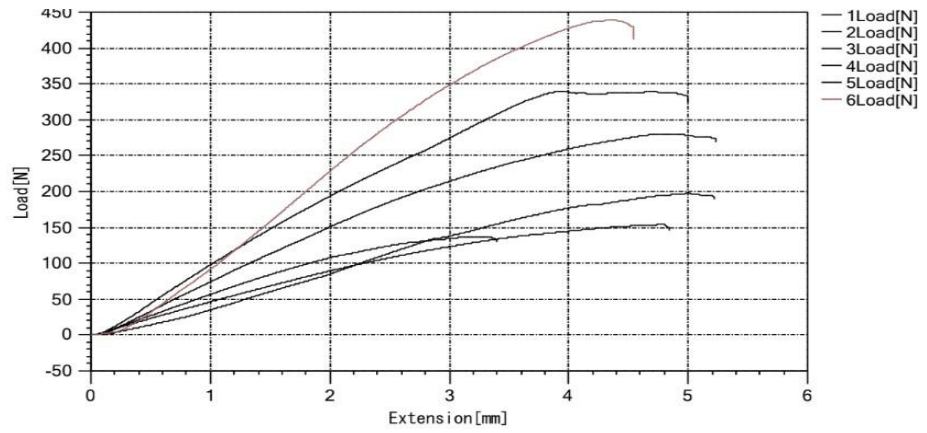


	Upper yield point Stress MPa	Lower yield point Elongation %GL	Elastic modulus MPa	Max point Stress MPa
1	0.1557	-0.0415	10.461	0.1557
2	0.1108	3.1198	6.0833	0.1122
3	0.1469	2.6698	10.622	0.1481



	Upper yield point Stress MPa	Lower yield point Elongation %GL	Elastic modulus MPa	Max point Stress MPa
4	0.4004	-0.0515	20.873	0.4004
5	0.3321	-0.0305	25.198	0.3321
6	0.3064	-0.0608	21.296	0.3064

Hasil uji *bending* papan komposit C (45 : 55)



	Upper yield point Stress MPa	Lower yield point Elongation %GL	Elastic modulus MPa	Max point Stress MPa
1	0.1370	-0.0215	12.145	0.1370
2	0.1811	2.0698	10.425	0.1974
3	0.1541	-0.0215	10.633	0.1541
4	0.3400	-0.0210	22.564	0.3400
5	0.2804	-0.0215	16.530	0.2804
6	0.4385	-0.0215	24.480	0.4385

PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

1. Uji Densitas/Kerapatan

a. Menghitung Volume (cm^3)

$$\text{Volume} = \text{Panjang (cm)} \times \text{Lebar (cm)} \times \text{Tebal (cm)}$$

$$\text{Volume A1} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,95 \text{ cm} = 780 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume A2} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,89 \text{ cm} = 756 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume A3} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,93 \text{ cm} = 772 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume A4} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,96 \text{ cm} = 784 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume A5} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,99 \text{ cm} = 796 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume A6} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 2,03 \text{ cm} = 814 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B1} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,86 \text{ cm} = 744 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B2} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,91 \text{ cm} = 764 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B3} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,90 \text{ cm} = 760 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B4} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,90 \text{ cm} = 760 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B5} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,95 \text{ cm} = 780 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume B6} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,97 \text{ cm} = 788 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C1} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,85 \text{ cm} = 740 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C2} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,93 \text{ cm} = 772 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C3} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,91 \text{ cm} = 764 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C4} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1,97 \text{ cm} = 788 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C5} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 2,00 \text{ cm} = 800 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume C6} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 2,00 \text{ cm} = 800 \text{ cm}^3$$

b. Menghitung densitas/kerapatan (gr/cm^3)

$$\rho = \text{Massa (gr)} / \text{Volume (cm}^3\text{)}$$

$$\rho \text{ A1} = 316 \text{ gr} / 780 \text{ cm}^3 = 0,405 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ A2} = 318 \text{ gr} / 756 \text{ cm}^3 = 0,421 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ A3} = 323 \text{ gr} / 772 \text{ cm}^3 = 0,418 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ A4} = 396 \text{ gr} / 784 \text{ cm}^3 = 0,505 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ A5} = 402 \text{ gr} / 796 \text{ cm}^3 = 0,505 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ A6} = 394 \text{ gr} / 814 \text{ cm}^3 = 0,484 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B1} = 315 \text{ gr} / 744 \text{ cm}^3 = 0,423 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B2} = 317 \text{ gr} / 764 \text{ cm}^3 = 0,415 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B3} = 322 \text{ gr} / 760 \text{ cm}^3 = 0,424 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B4} = 393 \text{ gr} / 760 \text{ cm}^3 = 0,517 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B5} = 401 \text{ gr} / 780 \text{ cm}^3 = 0,514 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ B6} = 403 \text{ gr} / 788 \text{ cm}^3 = 0,511 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C1} = 318 \text{ gr} / 740 \text{ cm}^3 = 0,429 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C2} = 319 \text{ gr} / 772 \text{ cm}^3 = 0,413 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C3} = 320 \text{ gr} / 764 \text{ cm}^3 = 0,418 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C4} = 396 \text{ gr} / 788 \text{ cm}^3 = 0,502 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C5} = 381 \text{ gr} / 800 \text{ cm}^3 = 0,476 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ C6} = 399 \text{ gr} / 800 \text{ cm}^3 = 0,498 \text{ gr/cm}^3$$

c. Menghitung rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

Keterangan:

- \bar{x} = rata-rata
- $\sum xi$ = jumlah seluruh data
- n = jumlah spesimen

$$55 : 45 (0,4) = \frac{0,405+0,421+0,418}{3} = \frac{1,244}{3} = 0,415 \text{ gr/cm}^3$$

$$55 : 45 (0,5) = \frac{0,505+0,505+0,484}{3} = \frac{1,494}{3} = 0,498 \text{ gr/cm}^3$$

$$50 : 50 (0,4) = \frac{0,423+0,415+0,424}{3} = \frac{1,262}{3} = 0,421 \text{ gr/cm}^3$$

$$50 : 50 (0,5) = \frac{0,517+0,514+0,511}{3} = \frac{1,542}{3} = 0,514 \text{ gr/cm}^3$$

$$45 : 55 (0,4) = \frac{0,429+0,413+0,418}{3} = \frac{1,260}{3} = 0,420 \text{ gr/cm}^3$$

$$45 : 55 (0,5) = \frac{0,502+0,476+0,498}{3} = \frac{1,476}{3} = 0,492 \text{ gr/cm}^3$$

2. Uji Pengembangan Tebal

a. Menghitung pengembangan tebal (%)

$$PT = \frac{t^2 - t^1}{t^1} \times 100\%$$

Keterangan :

- PT: Pengembangan tebal (%)
- t^1 : Tebal awal sebelum perendaman (mm)
- t^2 : Tebal setelah perendaman (mm)

$$PT A1: \frac{18,15 - 17,6}{17,6} \times 100\% = 3,13\%$$

$$\text{PT A2: } \frac{19,45 - 18,2}{18,2} \times 100\% = 6,87\%$$

$$\text{PT A3: } \frac{19,72 - 19}{19} \times 100\% = 3,82\%$$

$$\text{PT A4: } \frac{19,45 - 18,77}{18,77} \times 100\% = 3,60\%$$

$$\text{PT A5: } \frac{21,65 - 20,17}{20,17} \times 100\% = 7,31\%$$

$$\text{PT A6: } \frac{20,85 - 19}{19} \times 100\% = 9,30\%$$

$$\text{PT B1: } \frac{18,47 - 17,82}{17,82} \times 100\% = 3,65\%$$

$$\text{PT B2: } \frac{18,3 - 17,82}{17,82} \times 100\% = 3,70\%$$

$$\text{PT B3: } \frac{18,5 - 17,65}{17,65} \times 100\% = 4,81\%$$

$$\text{PT B4: } \frac{19,62 - 18,77}{18,77} \times 100\% = 3,72\%$$

$$\text{PT B5: } \frac{19,47 - 18,4}{18,4} \times 100\% = 5,84\%$$

$$\text{PT B6: } \frac{19,37 - 18,72}{18,72} \times 100\% = 3,35\%$$

$$\text{PT C1: } \frac{17,85 - 17,47}{17,47} \times 100\% = 2,14\%$$

$$\text{PT C2: } \frac{18,12 - 17,47}{17,47} \times 100\% = 3,71\%$$

$$\text{PT C3: } \frac{19,37 - 18,72}{18,72} \times 100\% = 1,44\%$$

$$\text{PT C4: } \frac{17,62 - 17,32}{17,32} \times 100\% = 2,78\%$$

$$\text{PT C5: } \frac{20,35 - 19,8}{19,8} \times 100\% = 2,70\%$$

$$\text{PT C6: } \frac{19,42 - 19}{19} \times 100\% = 1,97\%$$

b. Menghitung rata-rata (%)

$$\underline{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

Keterangan:

- \underline{x} = rata-rata
- $\sum xi$ = jumlah seluruh data
- n = jumlah spesimen

$$55 : 45 (0,4) = \frac{3,13+6,87+3,32}{3} = \frac{13,32}{3} = 4,61\%$$

$$55 : 45 (0,5) = \frac{3,60+7,31+9,30}{3} = \frac{20,21}{3} = 6,74\%$$

$$50 : 50 (0,4) = \frac{3,65+3,70+4,81}{3} = \frac{12,16}{3} = 4,05\%$$

$$50 : 50 (0,5) = \frac{3,72+5,84+3,35}{3} = \frac{12,91}{3} = 4,30\%$$

$$45 : 55 (0,4) = \frac{2,14+3,71+1,44}{3} = \frac{7,29}{3} = 2,43\%$$

$$45 : 55 (0,5) = \frac{2,78+2,70+1,97}{3} = \frac{7,45}{3} = 2,48\%$$

3. Uji Kadar Air

a. Menghitung Kadar air (%)

$$KA = \frac{b1 - b2}{b2} \times 100\%$$

Keterangan :

- KA : Kadar air spesimen (%)
- b1 : Berat sampel sebelum dioven (gr)
- b2 : Berat sampel sesudah dioven (gr)

$$KA A1 = \frac{21,32 - 20,14}{20,14} \times 100\% = 5,86\%$$

$$\text{KA A2} = \frac{21,38 - 20,27}{20,27} \times 100\% = 5,47\%$$

$$\text{KA A3} = \frac{23,58 - 22,22}{22,22} \times 100\% = 6,12\%$$

$$\text{KA A4} = \frac{27,70 - 26,25}{26,25} \times 100\% = 5,52\%$$

$$\text{KA A5} = \frac{26,19 - 24,68}{24,68} \times 100\% = 6,12\%$$

$$\text{KA A6} = \frac{28,55 - 27,02}{27,02} \times 100\% = 5,66\%$$

$$\text{KA B1} = \frac{21,08 - 20,16}{20,16} \times 100\% = 4,56\%$$

$$\text{KA B2} = \frac{21,78 - 20,79}{20,79} \times 100\% = 4,76\%$$

$$\text{KA B3} = \frac{22,46 - 21,34}{21,34} \times 100\% = 5,25\%$$

$$\text{KA B4} = \frac{28,07 - 26,71}{26,71} \times 100\% = 5,09\%$$

$$\text{KA B5} = \frac{30,34 - 28,83}{28,83} \times 100\% = 5,24\%$$

$$\text{KA B6} = \frac{27,14 - 25,83}{25,83} \times 100\% = 5,07\%$$

$$\text{KA C1} = \frac{22,02 - 20,93}{20,93} \times 100\% = 5,21\%$$

$$\text{KA C2} = \frac{21,62 - 20,71}{20,71} \times 100\% = 4,39\%$$

$$\text{KA C3} = \frac{24,47 - 23,49}{23,49} \times 100\% = 4,17\%$$

$$\text{KA C4} = \frac{26,35 - 24,70}{24,70} \times 100\% = 6,68\%$$

$$\text{KA C5} = \frac{25,61 - 24,38}{24,38} \times 100\% = 5,04\%$$

$$\text{KA C6} = \frac{27,02 - 25,74}{25,74} \times 100\% = 4,97\%$$

b. Menghitung rata-rata (%)

$$\underline{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

Keterangan:

- \underline{x} = rata-rata
- $\sum xi$ = jumlah seluruh data
- n = jumlah spesimen

$$55 : 45 (0,4) = \frac{5,86+5,47+6,12}{3} = \frac{17,45}{3} = 5,82\%$$

$$55 : 45 (0,5) = \frac{5,52+6,12+5,66}{3} = \frac{17,30}{3} = 5,77\%$$

$$50 : 50 (0,4) = \frac{4,56+4,76+5,25}{3} = \frac{14,57}{3} = 4,86\%$$

$$50 : 50 (0,5) = \frac{5,09+5,24+5,07}{3} = \frac{15,40}{3} = 5,13\%$$

$$45 : 55 (0,4) = \frac{5,21+4,39+4,17}{3} = \frac{13,77}{3} = 4,59\%$$

$$45 : 55 (0,5) = \frac{6,68+5,04+4,97}{3} = \frac{16,69}{3} = 4,59\%$$

4. Uji *Bending*

a) Menghitung rata-rata

$$\underline{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

Keterangan:

- \underline{x} = rata-rata
- $\sum xi$ = jumlah seluruh data
- n = jumlah spesimen

$$55 : 45 (0,4) = \frac{14,901+11,555+12,964}{3} = \frac{39,420}{3} = 13,138$$

$$55 : 45 (0,5) = \frac{4,1977+5,3453+6,0184}{3} = \frac{15,5614}{3} = 5,1871$$

$$50 : 50 (0,4) = \frac{10,461+6,0833+10,622}{3} = \frac{27,1663}{3} = 9,0554$$

$$50 : 50 (0,5) = \frac{20,873+25,198+21,296}{3} = \frac{67,367}{3} = 22,455$$

$$45 : 55 (0,4) = \frac{12,145+10,425+10,633}{3} = \frac{33,203}{3} = 11,067$$

$$45 : 55 (0,5) = \frac{22,564+16,530+24,480}{3} = \frac{63,574}{3} = 21,191$$

UJI STATISTIK

a. Densitas/kerapatan

```
> vx=c(0.405, 0.421, 0.418, 0.505, 0.505, 0.484, 0.423, 0.415, 0.424, 0.517,
0.514, 0.511, 0.429, 0.413, 0.418, 0.502, 0.476, 0.498)
```

```
> fx=factor(rep(c("55:45;0.4", "55:45;0.5", "50:50;0.4", "50:50;0.5",
"45:55;0.4", "45:55;0.5"), c(3,3,3,3,3,3)))
```

```
> TukeyHSD(aov(vx~fx))
```

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

\$fx				
	diff	lwr	upr	P adj
45:55;0.5-45:55;0.4	0.0720000000	0.046574878	0.097425122	0.0000072
50:50;0.4-45:55;0.4	0.0006666667	-0.024758455	0.026091789	0.9999990
50:50;0.5-45:55;0.4	0.0940000000	0.068574878	0.119425122	0.0000004
55:45;0.4-45:55;0.4	-0.0053333333	-0.030758455	0.020091789	0.9777747
55:45;0.5-45:55;0.4	0.0780000000	0.052574878	0.103425122	0.0000031
50:50;0.4-45:55;0.5	-0.0713333333	0.052574878	-0.045908211	0.0000079
50:50;0.5-45:55;0.5	0.0220000000	-0.003425122	0.047425122	0.1053760
55:45;0.4-45:55;0.5	-0.0773333333	-0.102758455	-0.051908211	0.0000033
55:45;0.5-45:55;0.5	0.0060000000	-0.019425122	0.031425122	0.9635105
50:50;0.5-50:50;0.4	0.0933333333	0.067908211	0.118758455	0.0000004
55:45;0.4-50:50;0.4	-0.0060000000	-0.031425122	0.019425122	0.9635105
55:45;0.5-50:50;0.4	0.0773333333	0.051908211	0.102758455	0.0000033
55:45;0.4-50:50;0.5	-0.0993333333	-0.124758455	-0.073908211	0.0000002
55:45;0.5-50:50;0.5	-0.0160000000	-0.041425122	0.009425122	0.3420087
55:45;0.5-55:45;0.4	0.0833333333	0.057908211	0.108758455	0.0000015

b. Pengembangan tebal

```
> vx=c(3.13, 6.87, 3.82, 3.60, 7.31, 9.30, 3.65, 3.70, 4.81, 3.72, 5.84, 3.35,
2.14, 3.71, 1.44, 2.78, 2.70, 1.97)
```

```
> fx=factor(rep(c("55:45;0.4", "55:45;0.5", "50:50;0.4", "50:50;0.5",
"45:55;0.4", "45:55;0.5"), c(3,3,3,3,3,3)))
```

```
> TukeyHSD(aov(vx~fx))
```

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

\$fx				
	diff	lwr	upr	P adj
45:55;0.5-45:55;0.4	0.05333333	-4.4414147	4.548081	1.0000000
50:50;0.4-45:55;0.4	1.62333333	-2.8714147	6.118081	0.8227179
50:50;0.5-45:55;0.4	1.87333333	-2.6214147	6.368081	0.7267617
55:45;0.4-45:55;0.4	2.17666667	-2.3180814	6.671415	0.5981325
55:45;0.5-45:55;0.4	4.30666667	-0.1880814	8.801415	0.0632117
50:50;0.4-45:55;0.5	1.57000000	-2.9247480	6.064748	0.8410517
50:50;0.5-45:55;0.5	1.82000000	-2.6747480	6.314748	0.7483716
55:45;0.4-45:55;0.5	2.12333333	-2.3714147	6.618081	0.6210512
55:45;0.5-45:55;0.5	4.25333333	-0.2414147	8.748081	0.0675313
50:50;0.5-50:50;0.4	0.25000000	-4.2447480	4.744748	0.9999589
55:45;0.4-50:50;0.4	0.55333333	-3.9414147	5.048081	5.048081
55:45;0.5-50:50;0.4	2.68333333	-1.8114147	7.178081	0.3929151
55:45;0.4-50:50;0.5	0.30333333	-4.1914147	4.798081	0.9998932
55:45;0.5-50:50;0.5	2.43333333	-2.0614147	6.928081	0.4899972
55:45;0.5-55:45;0.4	2.13000000	-2.3647480	6.624748	0.6181858

c. Kadar air

```
> vx=c(5.86, 5.47, 6.12, 5.52, 6.12, 5.66, 4.56, 4.76, 5.25, 5.09, 5.24, 5.07,
5.21, 4.39, 4.17, 6.68, 5.04, 4.97)
```

```
> fx=factor(rep(c("55:45;0.4", "55:45;0.5", "50:50;0.4", "50:50;0.5",
"45:55;0.4", "45:55;0.5"), c(3,3,3,3,3,3)))
```

```
> TukeyHSD(aov(vx~fx))
```

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

\$fx				
	diff	lwr	upr	P adj
45:55;0.5-45:55;0.4	0.9733333	-0.4327257	2.3793923	0.2561119
50:50;0.4-45:55;0.4	0.2666667	-1.1393923	1.6727257	0.9856660
50:50;0.5-45:55;0.4	0.5433333	-0.8627257	1.9493923	0.7809470
55:45;0.4-45:55;0.4	1.2266667	-0.1793923	2.6327257	0.1013830
55:45;0.5-45:55;0.4	1.1766667	-0.2293923	2.5827257	0.1227750
50:50;0.4-45:55;0.5	-0.7066667	-2.1127257	0.6993923	0.5628987
50:50;0.5-45:55;0.5	-0.4300000	-1.8360590	0.9760590	0.8998828
55:45;0.4-45:55;0.5	0.2533333	-1.1527257	1.6593923	0.9885837
55:45;0.5-45:55;0.5	0.2033333	-1.2027257	1.6093923	0.9958113
50:50;0.5-50:50;0.4	0.2766667	-1.1293923	1.6827257	0.9831520
55:45;0.4-50:50;0.4	0.9600000	-0.4460590	2.3660590	0.2679045
55:45;0.5-50:50;0.4	0.9100000	-0.4960590	2.3160590	0.3157592
55:45;0.4-50:50;0.5	0.6833333	-0.7227257	2.0893923	0.5948076
55:45;0.5-50:50;0.5	0.6333333	-0.7727257	2.0393923	0.6633699
55:45;0.5-55:45;0.4	-0.0500000	-1.4560590	1.3560590	0.9999955

d. MOE

```
> vx=c(14.901, 11.555, 12.964, 4.1977, 5.3453, 6.0184, 10.461, 6.0833,
10.622, 20.873, 25.198, 21.296, 12.145, 10.425, 10.633, 22.564, 16.530,
24.480)
```

```

> fx=factor(rep(c("55:45;0.4", "55:45;0.5", "50:50;0.4", "50:50;0.5",
"45:55;0.4", "45:55;0.5"), c(3,3,3,3,3,3)))
> TukeyHSD(aov(vx~fx))
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

```

\$fx				
	diff	lwr	upr	P adj
45:55;0.5-45:55;0.4	10.123667	3.587284	16.6600492	0.0023389
50:50;0.4-45:55;0.4	-2.012233	-8.548616	4.5241492	0.8974489
50:50;0.5-45:55;0.4	11.388000	4.851617	17.9243826	0.0008518
55:45;0.4-45:55;0.4	2.072333	-4.464049	8.6087159	0.8860345
55:45;0.5-45:55;0.4	-5.880533	-12.416916	0.6558492	0.0873772
50:50;0.4-45:55;0.5	-12.135900	-18.672283	-5.5995174	0.0004799
50:50;0.5-45:55;0.5	1.264333	-5.272049	7.8007159	0.9843678
55:45;0.4-45:55;0.5	-8.051333	-14.587716	-1.5149508	0.0134511
55:45;0.5-45:55;0.5	-16.004200	-22.540583	-9.4678174	0.0000327
50:50;0.5-50:50;0.4	13.400233	6.863851	19.9366159	0.0001895
55:45;0.4-50:50;0.4	4.084567	-2.451816	10.6209492	0.3486814
55:45;0.5-50:50;0.4	-3.868300	-10.404683	2.6680826	0.4014853
55:45;0.4-50:50;0.5	-9.315667	-15.852049	-2.7792841	0.0045714
55:45;0.5-50:50;0.5	-17.268533	-23.804916	-10.7321508	0.0000149
55:45;0.5-55:45;0.4	-7.952867	-14.489249	-1.4164841	0.0146469

e. MOR

```

> vx=c(0.2270, 0.1789, 0.1801, 0.0801, 0.0697, 0.0787, 0.1557, 0.1122,
0.1481, 0.4004, 0.3321, 0.3064, 0.1370, 0.1974, 1.541, 3.400, 2.804, 4.385)
> fx=factor(rep(c("55:45;0.4", "55:45;0.5", "50:50;0.4", "50:50;0.5",
"45:55;0.4", "45:55;0.5"), c(3,3,3,3,3,3)))
> TukeyHSD(aov(vx~fx))

```

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

\$fx				
	diff	lwr	upr	P adj
45:55;0.5-45:55;0.4	2.90453333	1.642164	4.1669026	0.0000612
50:50;0.4-45:55;0.4	-0.48646667	-1.748836	0.7759026	0.7827722
50:50;0.5-45:55;0.4	-0.27883333	-1.541203	0.9835359	0.9723128
55:45;0.4-45:55;0.4	-0.42980000	-1.692169	0.8325692	0.8540925
55:45;0.5-45:55;0.4	-0.54896667	-1.811336	0.7134026	0.6929960
50:50;0.4-45:55;0.5	-3.39100000	-4.653369	-2.1286308	0.0000125
50:50;0.5-45:55;0.5	-3.18336667	-4.445736	-1.9209974	0.0000241
55:45;0.4-45:55;0.5	-3.33433333	-4.596703	-2.0719641	0.0000149
55:45;0.5-45:55;0.5	-3.45350000	-4.715869	-2.1911308	0.0000103
50:50;0.5-50:50;0.4	0.20763333	-1.054736	1.4700026	0.9924288
55:45;0.4-50:50;0.4	0.05666667	-1.205703	1.3190359	0.9999858
55:45;0.5-50:50;0.4	-0.06250000	-1.324869	1.1998692	0.9999769
55:45;0.4-50:50;0.5	-0.15096667	-1.413336	1.1114026	0.9982859
55:45;0.5-50:50;0.5	-0.27013333	-1.532503	0.9922359	0.9757968
55:45;0.5-55:45;0.4	-0.11916667	-1.381536	1.1432026	0.9994496

STANDAR PENGUJIAN

JIS
JAPANESE
INDUSTRIAL
STANDARD

Translated and Published by
Japanese Standards Association

☞ **JIS A 5908** : 2003
Particleboards

Table 14 Dimensions and number of test pieces

Test item	Dimensions of test piece mm	The number of test pieces to be sampled from one board
Density test	100 × 100	1
Moisture content test	100 × 100	1
Bending strength test	Width 50 × length [span ⁽¹⁰⁾ + 50]	Lengthwise 1, widthwise 1
Bending strength test under wet conditions	Width 50 × length [span ⁽¹⁰⁾ + 50]	Lengthwise 1, widthwise 1
Test of swelling in thickness after immersion in water	50 × 50	1
Internal bond test	50 × 50	1
Test of wood screw holding power	50 × 100	1
Formaldehyde emission test	50 × 150	Two sets of the number where the total surface area of the test piece including the butt ends is close to 1 800 cm ² (the fraction of 5 and over shall be counted as a unit and the rest be disregarded) shall be used.
In-plane tensile strength test	50 × 50	1
Impact resistance test	300 × 300	1
Acid resistance test	100 × 100	1
Alkali resistance test	100 × 100	1
Stain resistance test	100 × 100	1
Change-in-colour resistance test	150 × 150	1 ⁽¹¹⁾
Scratch resistance test	50 × 50	1
Thermal insulation test	900 × 900	1
Incombustibility test	220 × 220	1

Notes ⁽¹⁰⁾ The span shall be 15 times the nominal thickness, and 150 mm or over at the same time.

⁽¹¹⁾ 3 test pieces shall be prepared for the pattern board.

LABORATORIUM PROSES PRODUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

SURAT TANDA UJI BENDING

No. 01/LabPP/003/II/26

Material Uji : Komposit
Identitas Penguji : Tania/Prodi Rekayasa Tekstil
Tanggal pengujian : 13 Februari 2026
Standar Pengujian : JIS A 5908-2003
Hasil Pengujian :

No	Nama Sampel	No Sampel	Upper yield point Stress (Mpa)	Lower yield point Elogation % GL	Elastic Modulus (MPa)	Max Point Stress (Mpa)
1	Papan A	6	0,227	-0,021	14,901	0,227
		5	0,1752	2,1297	11,555	0,1789
		4	0,1801	-0,021	12,964	0,1801
		3	0,0677	2,1398	4,1977	0,0801
		2	0,0697	-0,021	5,3453	0,0697
		1	0,0773	1,7898	6,0184	0,0787
2	Papan B	1	0,1557	-0,0415	10,461	0,1557
		2	0,1108	3,1198	6,0833	0,1122
		3	0,1469	2,6698	10,622	0,1481
		4	0,4004	-0,0515	20,873	0,4004
		5	0,3321	-0,0305	25,198	0,3321
		6	0,3064	-0,0608	21,296	0,3064
3	Papan C	1	0,137	-0,0215	12,145	0,137
		2	0,1811	2,0698	10,425	0,1974
		3	0,1541	-0,0215	10,633	0,1541
		4	0,34	-0,021	22,564	0,34
		5	0,2804	-0,0215	16,53	0,2804
		6	0,4385	-0,0215	24,48	0,4385



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. ti@iit.uin-suka.ac.id
W. iit.uin-suka.ac.id

Yogyakarta, 20 Februari 2026

Operator

Nur Muhammad Syafi'i

Penyelia

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.











Kepala Laboratorium Proses Manufaktur

Ir. Muhammad Ridhwan, S.T., M.T., IPP.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

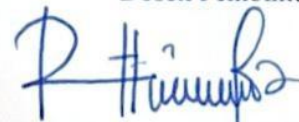
Nama Mahasiswa : Fadyla Kamel
NIM : 22526006
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perencanaan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO LIMBAH SERAT DAN KERAPATAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN BENDING PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL

Nama Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	24/09/2025	Konsultasi metode penelitian	
2.	29/10/2025	Konsultasi variabel penelitian	
3.	13/11/2025	Konsultasi pengaruh alkalisasi	
4.	02/12/2025	Konsultasi mesin yang digunakan	
5.	19/12/2025	Konsultasi variable fix	
6.	23/12/2025	Konsultasi hasil percobaan sampel pertama	
7.	15/01/2026	Konsultasi sampel jadi dan pemotongan	
8.	04/02/2026	Konsultasi hasil pengujian	
9.	10/02/2026	Konsultasi hasil pengujian	
10.	19/02/2026	Konsultasi Bab 3 dan Bab 4	

Yogyakarta, 23 Februari 2026











Dosen Pembimbing,



Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Tania Sasikirana
NIM : 22526014
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO LIMBAH SERAT DAN KERAPATAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN BENDING PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL
Nama Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	24/09/2025	Konsultasi metode penelitian	
2.	29/10/2025	Konsultasi variabel penelitian	
3.	13/11/2025	Konsultasi pengaruh alkalisasi	
4.	02/12/2025	Konsultasi mesin yang digunakan	
5.	19/12/2025	Konsultasi variable fix	
6.	23/12/2025	Konsultasi hasil percobaan sampel pertama	
7.	15/01/2026	Konsultasi sampel jadi dan pemotongan	
8.	04/02/2026	Konsultasi hasil pengujian	
9.	10/02/2026	Konsultasi hasil pengujian	
10.	19/02/2026	Konsultasi Bab 3 dan Bab 4	

Yogyakarta, 23 Februari 2026
Dosen Pembimbing,



Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.



**SURAT PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

1. Nama : Fadya Kamel
NIM : 22526006
2. Nama : Tania Sasikirana
NIM : 22526014

Bahwa mahasiswa tersebut di atas telah menyelesaikan draft laporan Tugas Akhir dan dapat mendaftarkan diri pada ujian pendadaran dengan melengkapi persyaratan yang diperlukan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 24 Februari 2026

Dosen Pembimbing,

Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.



SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Laboratorium (Kalab) di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

1. Nama : Fadya Kamel
NIM : 22526006
2. Nama : Tania Sasikirana
NIM : 22526014

Bahwa mahasiswa tersebut di atas tidak memiliki pinjaman atau tanggungan terhadap bahan baku atau peralatan laboratorium di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil FTI UII.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.







Mengetahui:

No	Laboratorium	Nama Kalab	Tanda Tangan	Tanggal
1	Manufaktur dan Pengujian Tekstil	Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.		23/02/2026
2	Desain Produk Tekstil	Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.		23-2-2026
3	Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano	Feris Firdaus, S.Si., M.Sc.		23-2-2026
4	Tekstil Fungsional	Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.		23-2-2026

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Fadyla Kamel
NIM : 22526014
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL

Nama Dosen Penguji 1 : Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1.	05/03/2026	Konsultasi diagram fishbone	
2.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan intisari	
3.	05/03/2026	Konsultasi latar belakang	
4.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan rumusan masalah	
5.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan flowchart	
6.	05/03/2026	Konsultasi hasil penelitian	

Yogyakarta, 12 Maret 2026

Dosen Penguji 2,



Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

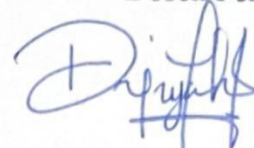
Nama Mahasiswa : Tania Sasikirana
NIM : 22526014
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL

Nama Dosen Penguji 1 : Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1.	05/03/2026	Konsultasi diagram fishbone	Dy
2.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan intisari	Dy
3.	05/03/2026	Konsultasi latar belakang	Dy
4.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan rumusan masalah	Dy
5.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan flowchart	Dy
6.	05/03/2026	Konsultasi hasil penelitian	Dy

Yogyakarta, 12 Maret 2026

Dosen Penguji 1,









Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Fadyla Kamel
NIM : 22526006
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL

Nama Dosen Penguji 2 : Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1.	05/03/2026	Konsultasi diagram fishbone	
2.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan intisari	
3.	05/03/2026	Konsultasi latar belakang	
4.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan rumusan masalah	
5.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan flowchart	
6.	05/03/2026	Konsultasi hasil penelitian	

Yogyakarta, 12 Maret 2026
Dosen Penguji 2,









Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Tania Sasikirana
NIM : 22526014
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / Perancangan
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGARUH VARIASI RASIO DAN KERAPATAN PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SERAT RAMI-TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT BERMATRIKS POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PAPAN PARTIKEL

Nama Dosen Penguji 2 : Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1.	05/03/2026	Konsultasi diagram fishbone	
2.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan intisari	
3.	05/03/2026	Konsultasi latar belakang	
4.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan rumusan masalah	
5.	05/03/2026	Konsultasi perbaikan flowchart	
6.	05/03/2026	Konsultasi hasil penelitian	

Yogyakarta, 12 Maret 2026

Dosen Penguji 2,



Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.